



TUGAS AKHIR – RE 184804

**PERENCANAAN SPAL DAN BANGUNAN
PENGOLAHAN AIR LIMBAH UNTUK AIR CUCI
IKAN UKM DAN DOMESTIK DI KELURAHAN
TAMBAKWEDI, KECAMATAN KENJERAN, KOTA
SURABAYA**

TALITHA JOCELIN INDIARI

03211540000072

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl SE., M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**



TUGAS AKHIR – RE 184804

**PERENCANAAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR
LIMBAH UNTUK AIR CUCI IKAN UKM DAN
DOMESTIK DI KELURAHAN TAMBAKWEDI,
KECAMATAN KENJERAN, KOTA SURABAYA**

TALITHA JOCELIN INDIARI

03211540000072

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT – RE 184804

***DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT PLANT
FOR SMALL AND MEDIUM SCALE FISH
INDUSTRY'S AND DOMESTIC IN TAMBAKWEDI,
KENJERAN DISTRICT, SURABAYA CITY***

TALITHA JOCELIN INDIARI

03211540000072

Supervisor

Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., M. Sc.

DEPARTEMEN OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environment, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SPAL DAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH UNTUK AIR CUCI IKAN UKM DAN DOMESTIK DI KELURAHAN TAMBAKWEDI, KECAMATAN KENJERAN, KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

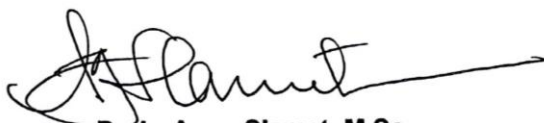
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

TALITHA JOCELIN INDIARI

Nrp. 03211540000072

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc
NIP. 19590811 198701 1 001



PERENCANAAN SPAL DAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH UNTUK AIR CUCI IKAN UKM DAN DOMESTIK DI KELURAHAN TAMBAKWEDI, KECAMATAN KENJERAN, KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Talitha Jocelin Indiar
NRP : 03211540000072
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., M.Sc.

ABSTRAK

Proses pengolahan ikan menghasilkan limbah, salah satunya limbah cair dengan kandungan organik yang cukup tinggi. Limbah cair dari pengolahan dan pengasapan ikan dari industri kecil menengah masih belum terolah, melainkan langsung dibuang menuju badan air. Kegiatan sehari-hari masyarakat Kelurahan Tambakwedi menghasilkan limbah cair domestik yang langsung dibuang menuju badan air yang serupa. Konsentrasi bahan organik limbah cair yang terakumulasi dalam badan air berpotensi menyebabkan penurunan kualitas badan air dan timbul adanya pencemaran. Permasalahan akibat pembuangan limbah tanpa adanya pengolahan menimbulkan bau busuk karena kandungan organik yang tinggi dan berpotensi menyebabkan eutrofikasi yang akan mematikan organisme di perairan.

Daerah perencanaan adalah Kelurahan Tambakwedi, Kota Surabaya dengan jumlah penduduk terlayani sebanyak 7.228 jiwa. Total UKM pengolahan ikan yang dilayani oleh perencanaan desain SPAL dan IPAL sebesar 60 UKM. Pengolahan ikan skala kecil menengah di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran terdiri dari pengasapan ikan, pengasinan ikan, dan pembuatan kerupuk. SPAL menerima limbah air cuci ikan dan limbah cair domestik berupa limbah non kakus dan limbah kakus. Unit IPAL yang direncanakan diantaranya adalah *greasetrap* rumah tangga, sumur pengumpul, *anaerobic filter*, dan *constructed wetland*. Air IPAL yang telah terolah dapat dibuang langsung menuju badan air penerima dengan kualitas yang memenuhi baku mutu. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup

No.68 Tahun 2016 tentang Air Limbah Domestik. Kualitas air limbah yang dihasilkan dengan BOD sebesar 26,6 mg/L, COD sebesar 35,9 mg/L, TSS sebesar 4,3 mg/L, NH₃ sebesar 3,5 mg/L, serta minyak dan lemak sebesar 9,2 mg/L. Perencanaan IPAL secara fisik biologis juga menghasilkan lumpur yang perlu dikuras secara berkala untuk menjaga efisiensi pengolahan IPAL.

Kata kunci : IPAL, Kelayakan ekonomi, Kelurahan Tambakwedi, SPAL

DESIGN OF CHANNELING AND WASTEWATER TREATMENT FOR FISH WASTEWATER AND DOMESTIC IN TAMBAKWEDI, KENJERAN, SURABAYA

Name : Talitha Jocelin Indiar
NRP : 03211540000072
Department : Teknik Lingkungan
Supervisor : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., M.Sc.

ABSTRACT

Fish industries produce waste, one of which is liquid waste that containing high organic content. Wastewater from the industries still untreated, but disposed into the water directly without treatment. Human daily activity in Tambakwedi also produce their domestic wastewater that dispose to the similar water body. Total organic concentration from accumulated wastewater have potentially causes decline of water body quality and water pollution. Untreated wastewater causes bad smell because of high organic content and causes water eutrophication.

The planning area is located in Tambakwedi, Surabaya City with total service population of 7.228 people. Total service of fish small industries are 60 industries. Treatment of fish production divided by fumigation, salted fish, and some of fish crackers. SPAL receive wastewater from small fish industries and domestic including greywater and blackwater. The planning system construct with 5 units, which is sumpwell, greasetrap, equalization tank, anaerobic filter, and constructed wetland. The treat of wastewater can fulfill quality standar and then dispose to the water. The quality standart used is the Ministry of Environment Regulation Number 68 of 2016 on domestic wastewater. Tha quality of treated effluent is BOD 26,6 mg/L, COD 35,9 mg/L, TSS 4,3 mg/L, NH3 3,5 mg/L, and oil grease 9,2 mg/L. Physic and biological treatment also produce sludge that must be drained for keep the IPAL efficiency process.

Keywords : IPAL, *Economic Appropriateness*, Tambakwedi, SPAL

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan SPAL dan Bangunan Pengolahan Air Limbah untuk Air Cuci Ikan UKM dan Domestik di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya”** dapat saya selesaikan. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan keluarga di rumah yang senantiasa memberikan dorongan semangat.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., M.Sc. selaku dosen pembimbing mata kuliah Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan membimbing selama proses pengerjaan Tugas Akhir,
2. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D, Ir Bowo Djoko Marsono, M. Eng, dan Dr. Eng Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan pada Tugas Akhir ini,
3. Angkatan 2015 yang saling mendukung dalam proses pengerjaan,
4. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan bantuan kepada penulis.

Dalam penulisan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal dan sebaik mungkin, namun tentunya masih terdapat keterbatasan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna memperbaiki di kemudian hari.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Air Limbah Perikanan	5
2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	6
2.3 Kualitas dan Kuantitas Limbah Ikan	7
2.4 Kualitas dan Kuantitas Limbah Domestik	7
2.5 Parameter Pencemar Air Limbah	9
2.6 Baku Mutu Air Limbah Ikan	10
2.7 Baku Mutu Air Limbah Domestik	10

2.8	Debit Air Limbah Domestik	11
2.9	Sistem Penyaluran Air Limbah	12
2.10	Bangunan Pelengkap	15
2.11	Sistem Pemompaan	16
2.12	Pengolahan Air Limbah	17
2.13	Alternatif Pengolahan Air Limbah	19
2.14	Barscreen	21
2.15	<i>Greasetrap</i>	22
2.16	Bak Ekualisasi	22
2.17	<i>Anaerobic Baffle Reactor (ABR)</i>	23
2.18	<i>Anaerobic Filter (AF)</i>	26
2.19	<i>Upflow Anaerobik Sludge Blanket (UASB)</i>	27
2.21	Kombinasi Biofilter Anaerobik-Aerobik	29
2.22	<i>Constructed Wetland</i>	30
2.22.1	<i>Free Water Surface Constructed Wetland</i>	31
2.22.2	<i>Sub-Surface Constructed Wetland</i>	32
2.23	Penelitian Terdahulu Pengolahan Ikan.....	34
2.24	Kelayakan Ekonomi.....	36
BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN.....		39
3.1	Gambaran Umum Perencanaan.....	39
3.2	Gambaran Limbah Cair Industri Kecil Menengah	42
3.3	Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan.....	42
3.4	Gambaran Umum Daerah Perencanaan.....	43
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN		47
4.1	Umum	47
4.2	Kerangka Perencanaan.....	47

4.2.1	Perijinan	52
4.2.2	Tinjauan Pustaka	52
4.2.3	Pengumpulan Data	52
4.2.4	Analisis Data dan Desain Perencanaan	54
4.2.5	Hasil dan Pembahasan.....	55
4.2.6	Kesimpulan dan Saran	55
BAB 5 ANALISIS HASIL SURVEI MASYARAKAT DAN PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH.....		57
5.1	Analisis Survei Masyarakat.....	57
5.2	Analisis Survei UKM	59
5.3	Ketersediaan Sarana Air Limbah Domestik.....	61
5.4	Ketersediaan Sarana Air Limbah UKM.....	65
5.5	Aspek Sikap Masyarakat	66
5.6	Perencanaan Sistem penyaluran Air Limbah	72
5.5.1	Proyeksi Penduduk	72
5.5.2	Alternatif Sistem Penyaluran Air Limbah	77
5.5.3	Perhitungan Debit Air Limbah.....	77
5.5.4	Pembebanan SPAL	84
5.5.5	Dimensi Pipa Air Limbah	91
5.5.6	Penanaman Pipa Air Limbah	104
5.1	Bangunan Pelengkap	112
5.7.1	Manhole	112
5.7.2	Stasiun Pompa	119
BAB 6 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH		123
6.1	Tahap Perencanaan Awal	123
6.2	Periode Perencanaan IPAL	123

6.3	Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Domestik	123
6.4	Pemilihan Jenis Pengolahan	124
6.5	Tahap Perencanaan Teknik Terinci.....	134
6.5.1	Greasetrap Rumah Tangga Tipikal 1	134
6.5.2	Greasetrap Rumah Tangga Tipikal 2	135
6.5.3	Sumur Pengumpul	137
6.5.4	Screen.....	145
6.5.5	Pompa Sumur Pengumpul.....	146
6.5.6	Anaerobic Filter.....	149
6.5.7	Constructed Wetland	161
6.6	Diagram Mass Balance Unit	169
6.7	Perhitungan Profil Hidrolis	174
6.8	Penyusunan Prosedur Pengoperasian dan Pemeliharaan IPAL.....	176
6.9.1	Petunjuk Pengoperasian SPAL	176
6.9.2	Petunjuk Pengoperasian IPAL.....	176
6.9.3	Petunjuk Pemeliharaan SPAL	177
6.9.4	Petunjuk Pemeliharaan IPAL.....	177
BAB 7 <i>BILL OF QUANTITY</i> DAN RENCANA ANGGARAN		
	BIAYA	179
7.1.	Perpipaan	179
7.2.	Bangunan Pelengkap	183
7.2.1	Manhole	183
7.2.2	Greasetrap rumah tangga.....	183
7.3.	Galian dan Urugan Pipa	184
7.4.	BOQ dan RAB IPAL.....	192
7.4.1	Sumur Pengumpul	195

7.4.2	Barscreen.....	198
7.4.3	Anaerobic Filter.....	198
7.4.4	Constructed Wetland	201
7.5.	Total RAB SPAL dan IPAL	205
7.6.	Biaya Operasional	205
BAB 8 ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI.....		207
8.1	Biaya Retribusi.....	207
8.2	Produktivitas	208
8.3	Biaya Kesehatan.....	208
8.4	Subsidi Obat	209
8.5	Perbaikan Lingkungan	209
BAB 9 KESIMPULAN DAN SARAN		211
9.1	Kesimpulan	211
9.2	Saran	212
DAFTAR PUSTAKA.....		213

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Air Limbah Domestik	8
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Hasil Perikanan .	10
Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik	11
Tabel 2. 4 Jarak antar Manhole Jalur Lurus	16
Tabel 2. 5 Perbandingan Proses Anaerobik dan Aerobik	19
Tabel 2. 6 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Pengolahan Ikan ...	19
Tabel 2. 7 Kelebihan dan Kelemahan Alternatif 1,2, dan 3	20
Tabel 2. 8 Kriteria Desain Barscreen.....	22
Tabel 2. 9 Kriteria desain Zona Tangki Pengendap ABR	25
Tabel 2. 10 Kriteria desain Zona Kompartemen ABR	25
Tabel 2. 11 Kriteria Desain Anaerobic Filter.....	27
Tabel 4. 1 Metode Pengukuran Analisis Parameter Air Limbah .	53
Tabel 5. 1 Profil Umur Responden	57
Tabel 5. 2 Perhitungan Likert Kesiediaan Masyarakat Mengikuti Sosialisasi.....	66
Tabel 5. 3 Kriteria Interpretasi Skor Perhitungan Likert	68
Tabel 5. 4 Perhitungan Likert Kesiediaan Masyarakat Mengolah Air Limbah secara Komunal	68
Tabel 5. 5 Perhitungan Likert Kesiediaan Partisipasi Masyarakat	69
Tabel 5. 6 Perhitungan Likert Kesiediaan Masyarakat Membayar Retribusi.....	69
Tabel 5. 7 Perhitungan Likert Kesiediaan UKM terhadap Air Limbah Diolah secara Komunal.....	70
Tabel 5. 8 Perhitungan Likert Kesiediaan UKM Membayar Retribusi.....	71
Tabel 5. 9 Data Penduduk dan Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Tambakwedi	72
Tabel 5. 10 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Aritmatika	73
Tabel 5. 11 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Geometrik	73
Tabel 5. 12 Perhitungan <i>Nilai Korelasi Metode Least Square</i>	74
Tabel 5. 13 Hasil Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Tambakwedi	75

Tabel 5. 14 Hasil Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Tambakwedi	76
Tabel 5. 15 Data Pemakaian Air Bersih Masyarakat Kelurahan Tambakwedi	78
Tabel 5. 16 Lanjutan... ..	79
Tabel 5. 17 Lanjutan... ..	80
Tabel 5. 18 Produksi Air Limbah <10 kg	81
Tabel 5. 19 Produksi Air Limbah 10-15 kg	81
Tabel 5. 20 Produksi Air Limbah 15-30 kg	82
Tabel 5. 21 Produksi Air Limbah 30-50 kg	82
Tabel 5. 22 Produksi Air Limbah 50-60 kg	82
Tabel 5. 23 Total Produksi Air Limbah Cuci Ikan	83
Tabel 5. 24 Pembebanan Blok 1	85
Tabel 5. 25 Lanjutan	86
Tabel 5. 26 Pembebanan Blok 2	87
Tabel 5. 27 Lanjutan	88
Tabel 5. 28 Pembebanan Blok 3	89
Tabel 5. 29 Lanjutan	90
Tabel 5. 30 Perhitungan Dimensi Pipa Blok 1	92
Tabel 5. 31 Lanjutan	93
Tabel 5. 32 Perhitungan Dimensi Pipa Blok 2	94
Tabel 5. 33 Lanjutan	95
Tabel 5. 34 Perhitungan Dimensi Pipa Blok 3	96
Tabel 5. 35 Lanjutan	97
Tabel 5. 36 Perhitungan Penggelontoran Pipa Blok 1	101
Tabel 5. 37 Perhitungan Penggelontoran Pipa Blok 2	102
Tabel 5. 38 Perhitungan Penggelontoran Pipa Blok 3	103
Tabel 5. 39 Volume Penggelontoran Tiap Blok	104
Tabel 5. 40 Perhitungan Penanaman Blok 1	106
Tabel 5. 41 Lanjutan	107
Tabel 5. 42 Perhitungan Penanaman Blok 2	108
Tabel 5. 43 Lanjutan	109
Tabel 5. 44 Perhitungan Penanaman Blok 3	110
Tabel 5. 45 Lanjutan	111
Tabel 5. 46 Jenis dan Jumlah Manhole Blok 1	113
Tabel 5. 47 Lanjutan	114

Tabel 5. 48 Jenis dan Jumlah Manhole Blok 2.....	115
Tabel 5. 49 Lanjutan	116
Tabel 5. 50 Jenis dan Jumlah Manhole Blok 3.....	117
Tabel 5. 51 Lanjutan	118
Tabel 6. 1 Hasil Analisis Laboratorium Air Limbah.....	124
Tabel 6. 2 Efisiensi Removal Unit.....	125
Tabel 6. 3 Alternatif Pengolahan 1	126
Tabel 6. 4 Alternatif Pengolahan 2	126
Tabel 6. 5 Alternatif Pengolahan 3	127
Tabel 6. 6 Matriks Pemilihan Biaya Investasi dan OM	128
Tabel 6. 7 Matriks Pemilihan Kebutuhan Lahan.....	129
Tabel 6. 8 Matriks Pemilihan Kebutuhan SDM.....	129
Tabel 6. 9 Matriks Perbandingan Alternatif	130
Tabel 6. 10 Data Fluktuasi Debit Air Limbah	138
Tabel 6. 11 Perhitungan Ekualisasi BOD	141
Tabel 6. 12 Perhitungan Rasio Massa BOD	143
Tabel 6. 13 Karakteristik Media Tipikal Constructed Wetland...	162
Tabel 7. 1 Jumlah Pipa SPAL.....	179
Tabel 7. 2 Lanjutan	180
Tabel 7. 3 Lanjutan	181
Tabel 7. 4 Lanjutan	182
Tabel 7. 5 Bill of Quantity Manhole.....	183
Tabel 7. 6 HSPK Unit Manhole Tipikal	183
Tabel 7. 7 HSPK Greasetrap	184
Tabel 7. 8 RAB Bangunan Pelengkap.....	184
Tabel 7. 9 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan.....	185
Tabel 7. 10 Analisa HSPK Sistem Penyaluran Air Limbah	189
Tabel 7. 11 RAB SPAL	192
Tabel 7. 12 HSPK IPAL	192
Tabel 7. 13 RAB Sumur Pengumpul	198
Tabel 7. 14 RAB Barscreen	198
Tabel 7. 15 RAB Anaerobic Filter	201
Tabel 7. 16 RAB Constructed Wetland	204
Tabel 7. 17 RAB Unit IPAL Total.....	204
Tabel 7. 18 Total RAB SPAL dan IPAL	205
Tabel 7. 19 Biaya Operasional SPAL dan IPAL	205

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section	14
Gambar 2. 2 Diagram Alir Alternatif Pengolahan 1 (a), Alternatif 2 (b), Alternatif 3 (c)	20
Gambar 2. 3 Barscreen	21
Gambar 2. 4 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)	23
Gambar 2. 5 Anaerobic Filter (AF)	26
Gambar 2. 6 Anaerobic-Aerobik Filter	29
Gambar 2. 7 Free Water Surface	31
Gambar 2. 8 Sub-Surface Constructed Wetland	32
Gambar 2. 9 Cattail sp.	33
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Pengasapan Ikan	39
Gambar 3. 2 Bahan Baku Ikan Pari	40
Gambar 3. 3 Diagram Alir Proses Pembuatan Kerupuk	41
Gambar 3. 4 Bahan Baku Kulit Ikan pari (a) dan Kepiting (b)	41
Gambar 3. 5 Saluran Drainase di Kelurahan Tambakwedi	42
Gambar 3. 6 Kondisi Jalan di Kelurahan Tambakwedi	43
Gambar 3. 7 Peta Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya	44
Gambar 3. 8 Peta Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran	45
Gambar 3. 9 Peta Lokasi Perencanaan Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran	46
Gambar 3. 10 Lokasi Perencanaan Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran	46
Gambar 4. 1 Tahap Perencanaan	51
Gambar 5. 1 Komposisi Pekerjaan Masyarakat Kelurahan Tambakwedi	58
Gambar 5. 2 Komposisi Penghasilan Masyarakat Kelurahan Tambakwedi	58
Gambar 5. 3 Komposisi Pendidikan Masyarakat Kelurahan Tambakwedi	59
Gambar 5. 4 Status Kepemilikan UKM	60
Gambar 5. 5 Jumlah Bahan Baku Ikan	60
Gambar 5. 6 Kepemilikan Jamban Rumah Tangga	61

Gambar 5. 7 Jenis Jamban Responden.....	62
Gambar 5. 8 Kepemilikan Tangki Septik	62
Gambar 5. 9 Waktu Pengurasan Tangki septik.....	63
Gambar 5. 10 Penanganan Air Limbah Domestik.....	63
Gambar 5. 11 Jenis Penyakit Masyarakat Kelurahan Tambakwedi	64
Gambar 5. 12 Jumlah Intensitas Penyakit Diare Masyarakat Kelurahan Tambakwedi.....	65
Gambar 5. 13 Penanganan Air Limbah Pengolahan Ikan UKM..	65
Gambar 5. 14 Penanganan Air Limbah Domestik.....	70
Gambar 5. 15 Penanganan Air Limbah Pengolahan Ikan UKM..	71
Gambar 5. 16 Persamaan Garis Linier Metode Geometrik	74
Gambar 5. 17 Grafik Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section Memotong Velocity.....	99
Gambar 5. 18 Spesifikasi Pompa SPAL.....	121
Gambar 6. 1 Diagram Alir Alternatif Terpilih.....	132
Gambar 6. 2 Hasil Plot Volume Kumulatif dan Waktu.....	139
Gambar 6. 3 Spesifikasi Pompa Sumur Pengumpul	148
Gambar 6. 4 Hubungan Penyisihan COD dengan Suhu.....	150
Gambar 6. 5 Hubungan COD dengan CODin	151
Gambar 6. 6 Hubungan Penyisihan COD dengan Luas Permukaan Media.....	152
Gambar 6. 7 Hubungan Penyisihan COD dengan HRT.....	153
Gambar 6. 8 Hubungan Penyisihan COD dengan Penyisihan BOD	154
Gambar 6. 9 Hubungan Penyisihan COD dengan Penyisihan BOD	155
Gambar 7. 1 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah.....	185

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	BOQ Galian dan Urugan Pipa
Lampiran 2	<i>Benefit Cost Ratio</i>
Lampiran 3	Data Penunjang
Lampiran 4	Dokumentasi Survei
Lampiran 5	Gambar Perencanaan Teknik Terinci

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelurahan Tambakwedi merupakan daerah produksi perikanan yang terletak di Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya dengan hasil tangkapan laut tahun 2009 sejumlah 9.307,01 ton. Kawasan yang berbatasan dengan Selat Madura ini menjadi pusat pengolahan ikan oleh industri besar dan industri kecil menengah. Jumlah kegiatan industri kecil menengah (UKM) di Kelurahan Tambakwedi sebanyak 60 UKM yang terdiri dari 35 UKM pengolahan dan 25 UKM pengasapan. Hasil tangkapan ikan oleh 1 UKM pengolahan ikan mencapai 10-50 kg per hari. Pengolahan ikan skala kecil menengah di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran terdiri dari pengasapan ikan, pengasinan ikan, pembuatan tepung, dan pembuatan kerupuk. Proses pengolahan ikan akan menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berupa kepala, isi, dan sisik ikan. Limbah cair terdiri dari hasil pencucian ikan dan darah. Limbah cair yang dihasilkan oleh satu UKM untuk proses pengolahan ikan mencapai 1400 L/hari. Limbah cair hasil produksi mengandung minyak, lemak, dan bahan organik (terlarut dan tersuspensi). Dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam sulfida dan amoniak yang menjadi penyebab timbulnya bau busuk pada limbah. Pembuangan limbah secara langsung tanpa pengolahan menyebabkan tingginya tingkat pencemaran lingkungan di sekitar lokasi industri. Kandungan nutrisi organik yang tinggi juga akan menimbulkan terjadinya eutrofikasi di perairan sehingga menyebabkan kematian organisme yang hidup di dalam air, pendangkalan, dan penyuburan ganggang.

Sebanyak 90% masyarakat Tambakwedi merupakan pendatang yang berasal dari luar Surabaya. Kondisi masyarakat di Kelurahan Tambakwedi menunjukkan ciri masyarakat pedesaan dengan mayoritas pekerjaan sebagai nelayan dan pengolah ikan. Sanitasi di Kecamatan Kenjeran, khususnya Kelurahan Tambakwedi belum diterapkan secara menyeluruh. Sampah maupun limbah padat hasil perikanan masih belum bisa dikelola dengan baik sehingga dibuang ke selokan penyalur drainase tanpa

diolah. Limbah cair perikanan hasil pencucian ikan UKM Kelurahan Tambakwedi juga dibuang secara langsung ke badan air tanpa melalui pengolahan. Sebagian masyarakat juga masih ada yang buang air besar dan sebanyak 16 rumah masih belum jamban. Kesadaran masyarakat yang masih minim akan sanitasi menyebabkan genangan air dan sampah yang menumpuk di saluran drainase sehingga ,memicu timbulnya bibit penyakit. Berdasarkan hasil wawancara, angka diare balita di Kelurahan Tambakwedi cukup tinggi hingga mencapai 60% dari jumlah total balita.

Pembuangan limbah pengolahan ikan ke badan air tanpa dilakukan pengelolaan akan menimbulkan permasalahan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Titik pembuangan limbah yang menyebar juga menyulitkan untuk pemantauan kualitas lingkungan. Limbah cair dapat dibuang ke badan air apabila telah memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Penyediaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) merupakan pengolahan yang ditujukan untuk menurunkan kadar beban pencemar sehingga memenuhi baku mutu industri. Industri besar pengolahan ikan di Kelurahan Tambakwedi telah memiliki IPAL yang memenuhi baku mutu lingkungan, namun industri kecil menengah dan domestik masih belum memiliki pengolahan limbah. Biaya pembuatan IPAL yang tinggi membuat UKM dan masyarakat domestik tidak mampu mengolah limbah secara individu, sehingga diperlukan IPAL Permukiman untuk mengolah limbah cair pencucian ikan UKM dan domestik.

Proses pengolahan IPAL yang direncanakan menggunakan proses fisik dan biologis untuk menurunkan kekeruhan dan kadar bahan organik. Limbah cair pencucian ikan yang masuk menuju SPAL terlebih dahulu dilakukan *pretreatment* guna menyeragamkan beban pencemar air limbah dengan air limbah domestik. Air limbah gabungan antara limbah cair pencucian ikan dan non kakus domestik akan diolah secara bersama dalam unit pengolahan IPAL Permukiman.

Proses pembangunan IPAL Permukiman dilakukan berdasarkan konsep pembangunan berbasis harga ekonomis dalam tahap perencanaan, pengambilan keputusan, pembangunan, pengoperasian, dan perawatan. Dalam pembangunan dan pengelolaan IPAL melibatkan optimalisasi

fungsi unit untuk mengurangi beban pencemar dan pemanfaatan lumpur sebagai pakan ternak. Dalam perencanaan ini, maka dibutuhkan suatu desain IPAL Permukiman menggunakan pengolahan fisik biologis dan melibatkan perhitungan anggaran dalam tahap pembangunan hingga operasional.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut.

1. Pembuangan limbah cair pengolahan ikan dan domestik dilakukan secara langsung ke badan air dengan titik yang menyebar.
2. Bangunan pengolahan air limbah komunal untuk limbah cair pencucian ikan dan domestik belum tersedia dan menimbulkan penurunan kualitas badan air
3. Perhitungan kelayakan ekonomi dalam perencanaan IPAL Permukiman

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah

1. Merencanakan SPAL untuk UKM Pengolahan Ikan dan Domestik di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran
2. Merencanakan IPAL Permukiman untuk UKM Pengolahan Ikan dan Domestik di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran
3. Menghitung kelayakan ekonomi dari IPAL Permukiman yang direncanakan

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari perencanaan ini adalah

1. Lokasi perencanaan adalah Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya
2. Air limbah yang diolah berupa hasil pencucian ikan UKM pengolahan ikan dan domestik
3. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan finansial.
4. Alternatif pengolahan yang digunakan adalah perencanaan teknik terinci unit pengolahan fisik biologis.
5. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder yang diambil dari instansi terkait.

6. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pembuatan IPAL Permukiman di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya
7. Perhitungan BCR IPAL Permukiman
8. Gambar Teknis (Denah, layout, potongan, dan profil hidrolis)

1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan ini adalah

1. Memberikan solusi dalam perencanaan sistem penyaluran air limbah UKM dan domestik menuju IPAL Permukiman
2. Memberikan solusi dalam perencanaan unit pengolahan air limbah komunal untuk diterapkan UKM pengolahan ikan di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran
3. Memberikan solusi perhitungan BCR untuk teknologi pengolahan air limbah komunal yang direncanakan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah Perikanan

Menurut Permen LH No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, industri pengolahan hasil perikanan adalah usaha dan atau kegiatan di bidang pengolahan hasil perikanan meliputi kegiatan pengalengan, pembekuan, atau pembuatan tepung ikan. Limbah perikanan yang dihasilkan industri skala kecil menengah (UKM) sebagian besar dibuang secara langsung menuju badan air tanpa penanganan khusus. Pembuangan air limbah secara kumulatif tanpa diolah berpotensi mencemari kualitas lingkungan dan berdampak serius (Ambarini, 2016). Menurut penelitian sebelumnya (River et al., 1998), jumlah debit air limbah yang dikeluarkan berasal dari proses pengolahan dan pencucian. Cairan berupa darah dan air pendinginan dari kondensor.

Karakteristik air limbah dapat dibedakan menjadi 3, yaitu karakteristik fisik, biologis, dan kimia.

a. Karakteristik Fisik Limbah Cair

Karakteristik fisik merupakan karakteristik yang dapat dilihat secara langsung untuk menentukan derajat pencemaran. Salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik fisik yaitu aktivitas penguraian bahan organik pada air limbah oleh mikroorganisme yang menyebabkan terbentuknya warna. Proses penguraian bahan organik dan partikel koloid dalam air limbah menimbulkan kekeruhan. Penguraian bahan organik secara tidak sempurna juga menimbulkan bau karena terjadi pembusukan. Karakteristik fisik yang penting untuk diperhatikan yaitu bau, warna, temperatur dan kekeruhan (Siregar, 2005).

b. Karakteristik Biologis Limbah Cair

Karakteristik biologis merupakan karakteristik yang dipengaruhi oleh kandungan mikroorganisme dalam air limbah. Jenis mikroorganisme yang biasa hidup dalam air limbah yaitu bakteri, virus, jamur, ganggang, dan protozoa (Siregar, 2005). Beberapa mikroorganisme yang berperan

dalam degradasi atau penguraian bahan organik adalah bakteri, jamur, dan protozoa. Bakteri mendegradasi bahan organik dengan cara menggunakan bahan organik sebagai nutrisi. Bakteri yang memerlukan oksigen sebagai oksidator disebut bakteri aerob, sedangkan bakteri yang tidak membutuhkan suplai oksigen disebut bakteri anaerob. (Sugiharto, 1987). Secara konvensional, pengolahan limbah cair dapat menurunkan kandungan BOD dan COD (Grady dan Lim, 1980; Henze et al, 1987; Metcalf dan Eddy, 1991; Park et al., 2001). Penyisihan nutrisi dalam air limbah dapat menggunakan konsep proses oksidasi amonium dan reduksi nitrat atau nitrit (Loosdrecht dan Jetten, 1998).

c. **Karakteristik Kimia Limbah Cair**

Karakteristik kimia merupakan karakteristik yang dipengaruhi oleh kandungan senyawa kimia dalam air limbah. Senyawa kimia yang terkandung dalam air limbah hasil pengolahan ikan yaitu :

- Senyawa organik, senyawa ini terdiri atas BOD, COD, TSS, TDS
- Senyawa anorganik
- Gas, berupa H_2S dan amonia

2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Air limbah domestik merupakan air limbah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga sehari-hari. Air limbah domestik dibagi menjadi dua, yaitu non kakus dan kakus. Air limbah non kakus merupakan air buangan yang dihasilkan dari dapur, kegiatan mencuci, kamar mandi namun tidak termasuk tinja atau air buangan WC. Menurut Jefferson et al (2014), karakteristik limbah non kakus adalah memiliki konsentrasi bahan organik tinggi, rasio COD/BOD tinggi akibat campuran deterjen, sebagian besar partikel berukuran $10-100\mu m$ dan memiliki perbandingan rasio SS/turbiditas rendah. Air limbah kakus merupakan air buangan yang bersumber dari WC baik berupa tinja, urin, maupun air bilasan.

2.3 Kualitas dan Kuantitas Limbah Ikan

Jumlah air limbah yang dihasilkan setiap UKM rata-rata sebesar 1400 liter setiap proses produksi 0,5 kwintal. Air limbah yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi (TSS) sebesar 220 mg/L dan padatan terlarut (TDS) sebesar 3580 mg/L yang melebihi baku mutu air limbah industri. Kandungan BOD sebesar 372,49 mg/L dan COD sebesar 760,44 mg/L. Derajat keasaman (pH) pada air limbah industri pengolahan ikan mencapai 5,6. Nilai pH rendah akibat proses penguraian bahan organik oleh bakteri anaerob yang menghasilkan asam organik. Pembusukan bahan organik yang mengandung sulfida oleh bakteri anaerob akan menimbulkan tingginya hidrogen sulfida. Proses terbentuknya hidrogen sulfida dan amonia yang akan menurunkan nilai pH secara signifikan (Wardhana, 2001). Nilai hidrogen sulfida pada air limbah pengolahan ikan sebesar 18 mg/L. Kandungan nitrat dan nitrit berturut-turut sebesar 4,556 mg/L dan 0,293 mg/L. Nitrat dan nitrit dihasilkan dari proses oksidasi amonia (nitrifikasi) secara aerob. Nilai ammonia pada industri perikanan mencapai 4, 589 mg/L (Poppo et al., 2017).

2.4 Kualitas dan Kuantitas Limbah Domestik

Air limbah domestik mengandung zat organik yang terdiri atas parameter BOD, COD, pH. Karakteristik air limbah juga mengandung TDS dan TSS. Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore beropi-pori 0,45 μm (Agustira dkk, 2013). Karakteristik beserta kuantitas tipikal parameter air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Karakteristik Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Low Strength	Medium Strength	High Strength
BOD	mg/L	110	190	350
COD	mg/L	250	430	800
TS	mg/L	390	720	1230
VS	mg/L	270	500	860
TSS	mg/L	120	210	400
VSS	mg/L	95	160	315
Total N :	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Ammonia	mg/L	12	25	45
Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Total P	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
Anorganik	mg/L	3	5	8
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
Klorit	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
<i>Total Coliform</i>	Col/100 mL	$10^6 - 10^8$	$10^7 - 10^9$	$10^7 - 10^{10}$
<i>Fecal Coliform</i>	Col/100 mL	$10^3 - 10^5$	$10^4 - 10^6$	$10^5 - 10^8$

(Sumber: Doran, 2008)

2.5 Parameter Pencemar Air Limbah

a. BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang bersifat *biodegradable*. Teknologi pengolahan biologis secara anaerobik mampu menurunkan BOD dengan efektifitas 80% dengan laju peningkatan lumpur yang tinggi (Park et al., 2001). Menurut Permen LH no 5 Tahun 2014, nilai baku mutu BOD terlarut sebesar 100 mg/L.

b. COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan total bahan organik (*biodegradable* dan *non-biodegradable*). Tingginya nilai COD menjadi bahwa jumlah oksigen dalam air menurun sehingga terjadi pencemaran. Penggunaan teknologi pengolahan biologis secara anaerobik mampu memberikan efisiensi COD mencapai 75-80% (Balslev-Olesen, 1990; Mendez,1992). Menurut Permen LH no 5 Tahun 2014, nilai baku mutu COD sebesar 200 mg/L.

c. TSS

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan tersuspensi yang memiliki kelarutan rendah sehingga menimbulkan kekeruhan di dalam air. TSS terdiri dari organik dan anorganik yang sifatnya melayang di fase cair. TSS merupakan parameter yang harus dilakukan pengolahan karena menghambat masuknya sinar matahari ke dalam dasar perairan. Menurut Permen LH no 5 Tahun 2014, nilai baku mutu TSS sebesar 100 mg/L.

d. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan senyawa organik yang sulit diuraikan oleh bakteri. Kandungan minyak dan lemak di perairan berbahaya karena minyak tidak larut dalam air sehingga menghambat masuknya udara secara difusi ke perairan. Jumlah

oksigen yang berkurang di dalam air akan mengganggu kehidupan akuatik. Sinar matahari juga sulit masuk ke dalam air sehingga proses fotosintesis akan terganggu. Proses fotosintesis yang terhambat juga akan menurunkan fungsinya sebagai penghasil oksigen (Wardhana, 2001). Menurut Permen LH no 5 Tahun 2014, nilai baku mutu minyak dan lemak sebesar 15 mg/L.

2.6 Baku Mutu Air Limbah Ikan

Baku mutu air limbah merupakan standar yang digunakan untuk mengukur kadar maksimum jumlah parameter tertentu di dalam air limbah sebelum dibuang ke badan air. Baku mutu yang digunakan adalah baku mutu limbah pengolahan perikanan. Persyaratan yang telah ditetapkan oleh pemerintah sesuai dengan Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Hasil Perikanan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Hasil Perikanan

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
pH	6-9
BOD	100
COD	200
TSS	100
Minyak dan Lemak	15

Sumber : (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014)

2.7 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter kualitas air limbah domestik yang digunakan adalah baku mutu yang sesuai dengan Permen LH No.68 Tahun 2016. Parameter yang diukur pada limbah cair domestik dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	pH	-	6-9
2	TSS	mg/L	30
3	BOD ₅	mg/L	30
4	COD	mg/L	100
5	Minyak dan Lemak	mg/L	5
6	<i>Ammonia</i>	mg/L	10
7	<i>Total Coliform</i>	MPN/100 mL	3000

Sumber: Permen LHK No. 68 Tahun 2016

2.8 Debit Air Limbah Domestik

Perhitungan debit air limbah domestik dapat dicari dengan mengalikan debit rata-rata air bersih dengan persentase kemungkinan air bersih yang menjadi air buangan. Faktor pengali debit rata-rata air limbah ditentukan berdasarkan pemakaian air bersih yang tidak mengalir menuju unit pengolahan. Perhitungan debit air limbah dapat dilihat pada persamaan berikut.

Debit Rata-Rata Air Limbah

$$Q_w = (70-80)\% \times Q_{\text{average}}$$

Keterangan :

Q_w = Debit rata-rata air limbah (Liter/orang.hari)

Q_{average} = Debit pemakaian air bersih (Liter/orang.hari)

Debit puncak

$$Q_{\text{peak}} = Q_w \times f_{\text{peak}}$$

Keterangan :

Q_{peak} = Debit air limbah puncak (Liter/orang.hari)

Q_w = Debit rata-rata air limbah (Liter/orang.hari)

f_{peak} = Faktor keamanan

Debit minimum

$$Q_{\min} = 1/5 \times (P)^{1/6} \times Q_w$$

Keterangan :

Q_{\min} = debit air limbah minimum (Liter/detik)

P = jumlah penduduk

Q_w = debit air limbah rata-rata (Liter/detik)

2.9 Sistem Penyaluran Air Limbah

Sistem perpipaan pada penyaluran air limbah berfungsi untuk membawa air limbah dari permukiman menuju ke pengolahan agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitar. Sistem penyaluran air limbah terdiri dari sistem konvensional, sistem *shallow sewer*, dan sistem *small bore sewer*.

a) Sistem Konvensional

Sistem konvensional merupakan sistem pembuangan air limbah yang didesain untuk menyalurkan air limbah *non kakus* dan air hujan. Sistem ini dibagi menjadi tiga yakni primer (sistem perpipaan di jalan raya), sekunder dan tersier (sistem perpipaan di tingkat permukiman) (Tilley dkk, 2014).

b) Sistem *Shallow Sewer*

Shallow sewer merupakan sistem pembuangan air limbah dengan sistem perpipaan yang didesain untuk menyalurkan campuran limbah cair *kakus* dan *non kakus* berupa padatan dan cairan. Sistem *shallow bore sewer* cocok diterapkan untuk pengolahan limbah masyarakat.

c) Sistem *Small Bore Sewer*

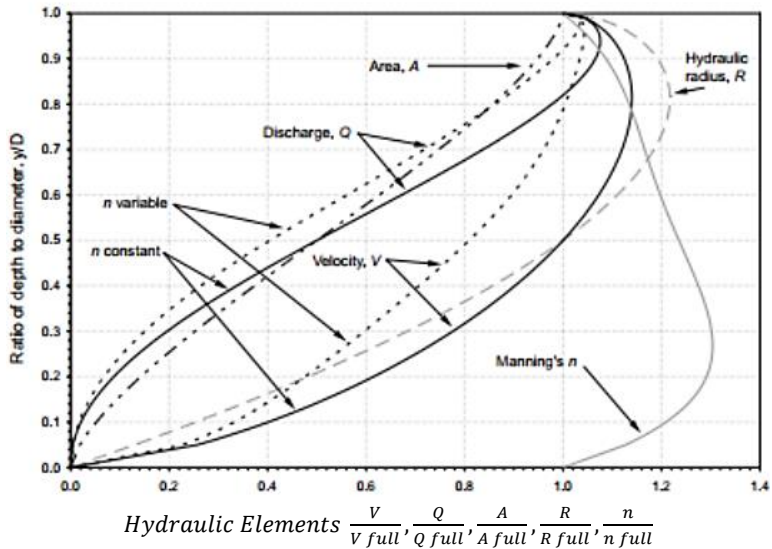
Small Bore Sewer merupakan sistem pembuangan air limbah dengan sistem perpipaan yang menyalurkan limbah cair *non kakus*. Partikel grit dan padatan lain perlu dipisahkan di *interceptor* sebelum masuk pada sistem perpipaan agar tidak terjadi penyumbatan (Otis dan Mara, 1985). Menurut KemenPU

(2013), perpipaan pada *small bore sewer* dibagi menjadi sebagai berikut.

1. Pipa persil merupakan saluran yang terletak di halaman dan langsung menerima air limbah dari pipa outlet industri. Dimensi pipa sebesar 3"-4" dengan kemiringan 1%-2%.
2. Pipa servis merupakan pipa yang menampung air limbah dari pipa persil dan terletak di luar halaman industri. Dimensi pipa sebesar 4"-6" dengan kemiringan 1%-2%.
3. Pipa lateral merupakan saluran yang menerima air limbah dari pipa servis. Dimensi pipa sebesar 4"-6" dengan kemiringan 1%-2%.
4. Pipa induk merupakan saluran utama yang menerima air limbah dari pipa lateral. Pipa induk terhubung langsung menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal. Dimensi pipa sebesar 6"-8" dengan kemiringan 0,4%-1%.

Perencanaan Sistem *Small Bore Sewer* memperhatikan hal berikut.

- a. Diameter pipa minimum = 100 mm (Iskandar dkk, 2016)
- b. Kecepatan minimum = 0,6 m/s (Montes dkk, 2017)
- c. Kecepatan maksimum = 3,0 m/s saat kondisi peak (Aidun, 2013)
- d. Tinggi renang minimum (d/D) = 20% dari diameter pipa (Kementerian PUPR, 2015)
- e. Nilai Q_{peak}/Q_{full} diperoleh dari grafik *Hydraulic Ratios for Circular Cross Section* pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section

Sumber : (Systems dkk, 2007)

f. Kemiringan atau slope (S)

$$S = \Delta H / L \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

S = slope

ΔH = beda elevasi (m)

L = panjang pipa (m)

Persamaan Manning pada pipa dapat dilihat pada Persamaan 2.2 dan Persamaan 2.3

Persamaan Manning

$$v = 1/n \times R^{0.667} \times S^{0.5} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

v = kecepatan dalam pipa (m/s)
n = koefisien manning
R = radius hidrolis (m²/m)
S = slope (m/m)

Perhitungan Diameter Pipa

$$D = [(Q_{full} \times n) / (0,3117 \times S^{0,5})^{0,375}] \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

D = diameter pipa (m)
Q_{full} = debit penuh (m³/s)
n = koefisien manning
S = slope (m/m)

2.10 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap merupakan bangunan yang digunakan untuk menunjang pemeliharaan dan meningkatkan kinerja pengolahan air limbah. Bangunan pelengkap pada pengolahan air limbah yaitu :

1. Manhole

Manhole merupakan lubang yang bertujuan sebagai tempat pemeriksaan pipa dari kotoran yang terbawa aliran pipa. Syarat manhole adalah sebagai berikut :

- Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran, namun perlu disesuaikan juga terhadap panjang peralatan pembersih yang akan dipakai.
- Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
- Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan (*intersection*) dengan pipa atau bangunan lain.

Tabel 2. 4 Jarak antar Manhole Jalur Lurus

Diameter (mm)	Jarak antar Manhole (m)
20-50	50-75
50-75	75-125
100-150	125-150
150-200	150-200
1000	100-150

Sumber : (Permen PUPR No.4 , 2017)

2.11 Sistem Pemompaan

Sistem pemompaan bertujuan untuk menyalurkan air limbah menuju ke unit pengolahan dengan bantuan pompa menuju unit. Pompa digunakan apabila kondisi elevasi tanah yang datar guna menghindari galian penanaman pipa yang dalam dan memberikan tekanan yang cukup untuk proses pengolahan. Stasiun pompa sebagai stasiun angkat (lift station), dipasang pada setiap jarak tertentu pada jaringan perpipaan yang sudah cukup dalam agar air tetap dapat mengalir. Kapasitas pompa direncanakan berdasarkan aliran puncak air limbah. Pompa yang digunakan untuk mengalirkan air limbah adalah jenis pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal umum digunakan untuk memompa air limbah karena tidak mudah tersumbat. Pemakaian pompa redam (*submersible pump*) untuk air limbah lebih baik karena dapat mencegah terjadinya kavitasi (Chapin, 2006). Pompa submersible adalah pompa yang dirancang khusus, dimana motor dan komponen lainnya tertutup rapat, karena pada penggunaannya nanti seluruh permukaan pompa ini akan terendam ke dalam cairan. Pompa redam diletakkan di dalam cairan dan mendorong cairan melalui pipa-pipa salurannya.

Perhitungan head pompa dan daya dapat dilihat pada persamaan berikut.

Head Pompa

Head pompa = Head statis + Head sistem + Head sisa tekan

Head sistem	= Head mayor + Head minor + $\frac{v^2}{2g}$
Head mayor	= $\left[\frac{Q}{0,00155.C.D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$
Head minor	= $n \times K \frac{v^2}{2g}$
Keterangan	:
Head statis	= Jarak dari muka air sampai pipa tertinggi (m)
Head sistem	= Headloss mayor dan minor (m)
Head sisa tekan	= Head yang dibutuhkan sesuai kebutuhan (m)
Q	= Debit air limbah (L/s)
C	= Koefisien kekasaran pipa
D	= Diameter pipa (cm)
L	= Panjang pipa (m)
K	= Koefisien aksesoris pipa
n	= Jumlah aksesoris pipa
v	= Kecepatan aliran air dalam pipa (m/s)

Daya Pompa

$$E_p = \frac{\gamma Q H_t}{P_t}$$

Keterangan :

E_p	= Efisiensi pompa
P_t	= Daya pompa (kW)
Q	= Debit (m^3/s)
H_t	= Head total (m)

2.12 Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah merupakan upaya untuk mencegah terjadinya pencemaran kandungan limbah cair ke lingkungan sehingga lingkungan tetap dapat dijaga kelestariannya. Proses yang digunakan untuk menyisihkan polutan limbah cair pengolahan ikan didasarkan pada karakteristik air limbah dan jumlah polutan yang terkandung didalamnya. Pengolahan air limbah dapat dilakukan secara fisik, kimia dan biologis.

1. Pengolahan Fisik

Pengolahan secara fisik merupakan pemisahan butiran pasir atau partikel yang lebih besar dengan proses fisik tanpa menggunakan zat kimia. Pengolahan limbah cair secara fisik

dapat dilakukan dengan cara penyaringan menggunakan *screen*, pemisahan endapan material menggunakan sedimentasi, penyaringan dengan filtrasi, dan proses adsorpsi menggunakan adsorben.

2. Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia merupakan pengolahan yang ditujukan untuk menghilangkan partikel yang sulit untuk mengendap. Pengolahan limbah cair secara kimia dapat dilakukan dengan koagulasi dan flokulasi, netralisasi asam basa, dan ozonasi.

3. Pengolahan Biologis

Pengolahan secara biologis merupakan pengolahan air limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik. Pengolahan biologis efektif untuk menurunkan polutan organik dan memiliki biaya operasional yang paling murah. Air limbah yang dapat diolah menggunakan pengolahan biologis memiliki sifat *biodegradable* dan $BOD/COD \geq 5$ (Kindsigo dan Juha, 2006).

Pengolahan biologis dibagi menjadi dua, yaitu proses anaerobik dan proses aerobik. Proses anaerobik merupakan pengolahan yang menggunakan aktivitas mikroorganisme tanpa membutuhkan oksigen. Bakteri yang dapat hidup dalam kondisi anaerobik diantaranya yaitu bakteri hidrolisa, bakteri asetonogenik, dan bakteri metanogenik. Proses aerobik merupakan pengolahan yang melewati dua proses utama, yaitu oksidasi dan fermentasi. Proses oksidasi dilakukan untuk menguraikan bahan organik, sedangkan proses fermentasi melalui enzim yang dikeluarkan oleh bakteri. Perbandingan antara proses anaerobik dan aerobik dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 5 Perbandingan Proses Anaerobik dan Aerobik

No	Parameter	Anaerobik	Aerobik
1	Kebutuhan energi	Rendah	Tinggi
2	Efisiensi pengolahan	Sedang (60%-90%)	Tinggi (>95%)
3	Produksi lumpur	Rendah	Tinggi
4	Waktu startup	2-4 bulan	2-4 minggu
5	Kebutuhan nutrisi	Rendah	Tinggi
6	Bau	Ya	Tidak
7	Produksi biogas	Ya	Tidak

Sumber : (Eckenfelder dkk, 1988)

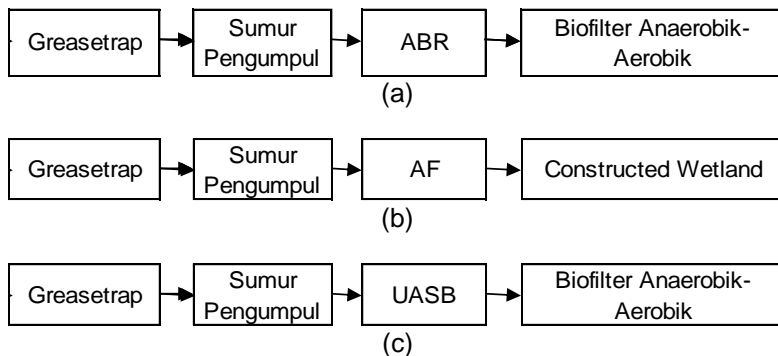
2.13 Alternatif Pengolahan Air Limbah

Alternatif pengolahan limbah cair perikanan terdiri dari 3. Alternatif pertama menggunakan *Anaerobic Baffle Reactor* dan Biofilter Anaerobik-Aerobik. Alternatif kedua menggunakan *Anaerobic Filter* dan *Constructed Wetland*. Alternatif ketiga menggunakan UASB dan Kombinasi Biofilter Anaerobik-Aerobik. Pemilihan alternatif tersebut berdasarkan pada karakteristik limbah cair industri perikanan skala kecil menengah. Menurut Oktavia (2012), hasil uji karakteristik air limbah industri perikanan dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 6 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Pengolahan Ikan

No	Parameter	Nilai	Satuan	Baku Mutu
1	BOD	372,49	mg/L	100
2	COD	760,44	mg/L	200
3	pH	5,6	-	6-9

Sumber : (Oktavia, 2012)



Gambar 2. 2 Diagram Alir Alternatif Pengolahan 1 (a), Alternatif 2 (b), Alternatif 3 (c)

Ketiga alternatif memiliki kelebihan dan kelemahan yang berbeda, sehingga memudahkan untuk dilakukan pemilihan teknologi yang sesuai untuk diterapkan dalam pengolahan limbah perikanan yang memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi. Kelebihan dan kelemahan masing-masing alternatif dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2. 7 Kelebihan dan Kelemahan Alternatif 1,2, dan 3

Faktor	Alternatif 1 (ABR + Biofilter Anaerobik- Aerobik	Alternatif 2 (AF+Wetland)	Alternatif 3 (UASB+Biofilter Anaerobik- Aerobik)
Kebutuhan Energi	Besar	Relatif lebih kecil	Besar
Operasional	Tidak sulit	Tidak sulit	Cukup sulit
Bau Effluen	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau

Berdasarkan pertimbangan kebutuhan energi, kemudahan operasional, dan bau yang dihasilkan maka dipilih alternatif 2 sebagai dasar perencanaan yang akan digunakan dalam

menghitung pengolahan air limbah kombinasi domestic dan pengolahan ikan. Kombinasi *Anaerobic Filter* dan *Constructed Wetland* juga tidak membutuhkan biaya pembangunan unit IPAL yang mahal. Operasional pengolahan biologis AF dan *Constructed Wetland* tidak membutuhkan staff ahli dalam pemeliharaan. Pemeliharaan dan perawatan unit IPAL dapat dilakukan oleh pihak pemerintah kota maupun masyarakat sekitar. Peran masyarakat untuk mengelola IPAL dapat ditunjang dengan pelatihan maupun sosialisasi bertahap guna melakukan perawatan IPAL.

2.14 Barscreen

Barscreen merupakan saringan yang berfungsi untuk menghilangkan partikel berukuran besar seperti sampah berupa tulang ikan, sisik, daun, dan partikel lainnya di dalam air limbah yang terbawa aliran air sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Prinsip utama penyaringan menggunakan barscreen adalah untuk menghindari kerusakan alat, meningkatkan kinerja atau efektivitas pengolahan biologis, dan mencegah kontaminasi aliran air. Barscreen atau saringan kasar digunakan sebagai pengolahan fisik paling awal sebelum air limbah diolah lebih lanjut.



Gambar 2. 3 *Barscreen*
Sumber : (Nurhayati dan Kosmaliati, 2011)

Barscreen atau saringan kasar ditinjau dari segi operasionalnya dibagi menjadi 2, yaitu saringan kasar manual dan menggunakan mesin. Saringan kasar manual dilakukan pembersihan dengan besi panjang atau penggaruk. Kriteria desain barscreen dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2. 8 Kriteria Desain *Barscreen*

Parameter	Satuan	Metode Pembersihan	
		Manual	Mekanika
<i>Bar size</i>			
<i>Width</i>	mm	5-15	5-15
<i>Depth</i>	mm	25-38	25-38
<i>Space between bars</i>	mm	25-50	15-75
<i>Slope</i>	deg	30-45	0-30
<i>Velocity</i>			
<i>Maximum</i>	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
<i>Minimum</i>	m/s		0,3-0,5
<i>Headloss max</i>	mm	150	150-600

Sumber : (Metcalf dan Eddy, 2014)

2.15 Greasetrap

Greasetrap merupakan bak penangkap minyak dan lemak pada air limbah dan mencegah terjadinya penggumpalan. Tujuan dari *greasetrap* adalah menyisahkan komponen ringan seperti minyak dan lemak yang terakumulasi di permukaan air. Turbulensi pada *greasetrap* harus dikurangi untuk mencegah suspensi minyak dan padatan. Menurut Ducoste dkk (2008), efisiensi pengolahan *greasetrap* untuk menyisahkan minyak dan lemak sebesar 95,8%.

2.16 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan bak yang berfungsi untuk mengendalikan fluktuasi aliran limbah cair baik dari segi kualitas ataupun kuantitas yang berbeda. Bak ekualisasi juga bertujuan untuk menghomogenkan konsentrasi limbah cair. Perancangan

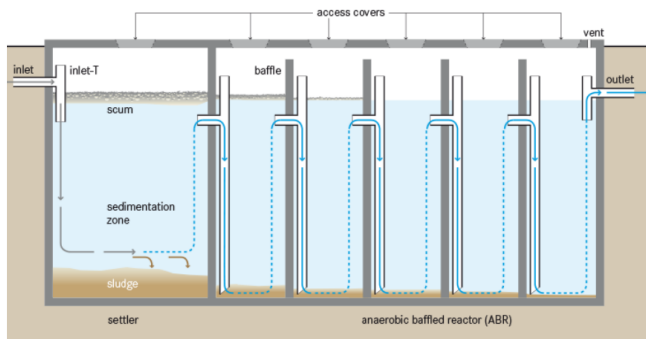
bak ekualisasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu *in-line* dan *off-line*. Penyusunan secara *in-line* yaitu semua air limbah melewati bak ekualisasi. Penyusunan secara *off-line* yaitu hanya debit yang melimpah yang dialirkan melalui bak ekualisasi.

Tujuan dari proses ekualisasi sebagai berikut :

- Mengendalikan aliran limbah cair supaya tidak terjadi aliran bergelombang
- Menghomogenkan senyawa organik dalam limbah cair supaya tidak terjadi fluktuasi
- Menyeragamkan nilai pH
- Mengendalikan beban toksisitas yang tinggi

2.17 **Anaerobic Baffle Reactor (ABR)**

ABR merupakan reaktor anaerob dengan laju tinggi yang terdiri dari beberapa kompartemen pengendap. Reaktor ABR didesain dengan menggunakan baffle yang disusun secara seri guna mengalirkan air ke atas (*upflow*) melalui selimut lumpur (*sludge blanket*) pada tiap kompartemen. Air akan dipaksa untuk mengalir ke atas dan ke bawah sehingga memudahkan terjadinya kontak antara air limbah dengan biomassa anaerobik. Konfigurasi *baffle* secara seri akan meningkatkan kinerja pengolahan air limbah.



Gambar 2. 4 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)

Sumber : (Tilley dkk, 2014)

Menurut Götzenberger (2009), keuntungan penggunaan ABR untuk pengolahan air limbah adalah sebagai berikut :

1. Tidak membutuhkan pengadukan secara mekanis
2. Desain reaktor mudah
3. Harga pembuatan reactor ekonomis
4. Biaya operasional yang rendah
5. *Clogging* rendah
6. Ekspansi *sludge bed* rendah
7. Lumpur yang dihasilkan sedikit
8. Waktu tinggal lumpur tinggi
9. Tidak membutuhkan pemisahan gas atau lumpur yang khusus
10. HRT rendah
11. Stabilitas tinggi untuk *organic shocks*

Kekurangan ABR adalah sebagai berikut :

1. Membutuhkan sumber air yang relatif konstan atau stabil
2. Hasil pengolahan (effluen) masih memerlukan pengolahan sekunder
3. Penurunan bakteri patogen rendah

Menurut Borda (2008), berikut adalah performa pengolahan air limbah menggunakan ABR:

1. BOD : 70-95%
2. COD : 65-90%
3. TSS : <90%
4. Patogen : Rendah

Menurut Götzenberger (2009), kriteria desain untuk pengolahan ABR sebagai berikut :

1. Kecepatan v_{up} : <2 m/jam
2. Beban Organik : <3 kg COD/m³/hari
3. HRT : 12-14 jam

Menurut Metcalf dan Eddy (2014), kriteria desain untuk pengolahan ABR sebagai berikut :

1. Konsentrasi *volatile solids* : 2-10%
2. HRT : 6-24 jam
3. *Solid Retention Time* : >30 hari
4. Beban Organik : 5-10 kg COD/m³/hari

Menurut Borda (2008), kriteria desain untuk pengolahan ABR sebagai berikut :

1. Kompartemen pertama merupakan ruang pengendapan padatan tersuspensi dan diikuti oleh minimal 2 kompartemen
2. HRT relatif pendek berkisar 2-3 hari
3. Kecepatan $v_{up} < 2$ m/jam
4. Beban Organik < 3 kg COD/m³/hari dengan suhu $> 30^{\circ}\text{C}$ dan rasio BOD/COD sebesar $> 0,6$

Kriteria desain yang digunakan dalam perencanaan ABR dibagi menjadi 2 yaitu zona tangki pengendap dan zona kompartemen. Kriteria desain yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan 2.7

Tabel 2. 9 Kriteria desain Zona Tangki Pengendap ABR

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Td	2-6	jam
2	Waktu pengurasan	2-3	tahun
3	SS/COD	0,35-0,45	m/jam

Sumber : (Sasse, 1998)

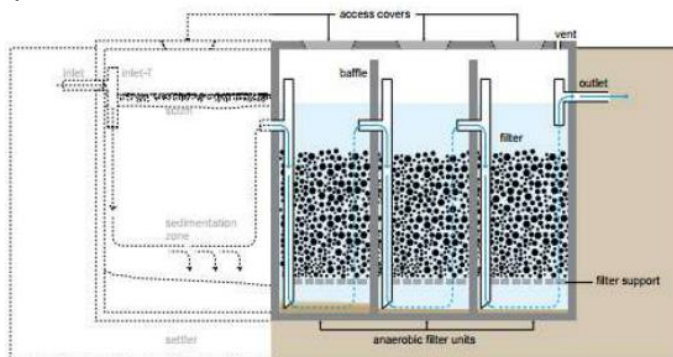
Tabel 2. 10 Kriteria desain Zona Kompartemen ABR

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Hydraulic Retention Time (HRT)	8-20	jam
2	Organic Loading rate (OLR)	< 3	kg COD/m ³ /hari
3	Kecepatan aliran upflow (v_{up})	< 2	m/jam
4	Panjang kompartemen	50-60%	Dari kedalaman ABR

(Sumber : Sasse, 1998)

2.18 Anaerobic Filter (AF)

Anaerobic filter merupakan pengolahan air limbah secara biologis yang dilakukan dengan proses anaerobik dengan media terlekat menggunakan biofilter. *Anaerobic Filter* digunakan untuk pengolahan air limbah guna menyisihkan padatan tersuspensi yang rendah dan memiliki rasio BOD/COD rendah. Pengolahan AF ditandai dengan tumbuhnya biofilm yang menempel pada media biofilter. Biofilm merupakan biomassa yang tumbuh sesuai dengan jenis air limbah karena cenderung dapat menciptakan lingkungan mikro sendiri. Air limbah mengalir melewati filter dari bawah ke atas sehingga terjadi kontak dengan biomassa yang terlekat pada filter dan akan terjadi proses degradasi secara anaerobik (Morel dan Diener, 2006). Tangki pada kompartemen pertama bertujuan untuk mengendapkan suspensi yang berukuran besar sebelum dialirkan menuju filter.



Gambar 2. 5 Anaerobic Filter (AF)

Sumber : (Tilley dkk, 2014)

Kelebihan dari penggunaan *Anaerobic Filter* sebagai berikut :

1. Padatan biologis akan tersaring oleh filter sehingga tidak terbawa oleh efluen
2. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah terlarut
3. Pemanasan tidak dibutuhkan untuk mempertahankan efisiensi sehingga filter dapat beroperasi pada temperatur rendah
4. Produksi lumpur yang dihasilkan kecil dan efluen tidak mengandung padatan tersuspensi karena telah tertahan oleh media filter

Menurut Götzenberger (2009), kriteria desain untuk pengolahan AF sebagai berikut :

1. Luas area filter : 80-120 m²/m³
2. Beban organik : < 4,0 kg COD/m³/hari
3. Hydraulic retention time : 15-20 jam
4. Ukuran filter : 80-140 mm
5. Kecepatan upflow (v up) : < 2 m/jam

Menurut Razif dan Mahatyanta (2016), kriteria desain untuk pengolahan AF dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2. 11 Kriteria Desain Anaerobic Filter

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Organic Loading rate (OLR)	0,4-5	kg COD/m ³ /hari
2	HRT pada ruang pengendapan	2	jam
3	HRT pada tanki AF	24-48	jam
4	Removal BOD	50-60%	
5	Rasio SS/COD	0,35-0,45	
6	Luas media	80-180	m ² / m ³
7	Filter void mass	30-45%	
8	Kecepatan aliran upflow (v up)	<2	m/hari

Sumber : (Razif dan Mahatyanta, 2016)

2.19 Upflow Anaerobik Sludge Blanket (UASB)

UASB merupakan sistem pengolahan air limbah secara anaerobic dengan memanfaatkan aliran ke atas. Aliran menuju ke atas akan menyebabkan terjadinya kontak antara air limbah dengan lumpur sehingga terbentuk lumpur endapan. UASB memiliki tiga zona, diantaranya zona pengendapan, zona transisi, dan digestion zone. Volume zona pengendapan sebesar 15-20%

dari volume total reaktor UASB (Kusumadewi dan Bagastyo, 2016). Kapasitas beban organik dan kapasitas hidrolik merupakan kriteria desain kritis untuk UASB. Keterbatasan dalam kapasitas pengolahan atau keterbatasan transfer massa menimbulkan proses pencampuran yang kurang optimal di dalam reaktor (Soeprijanto, 2010). Reaktor UASB cocok digunakan untuk pengolahan air limbah dengan biaya rendah. UASB merupakan reaktor yang menggunakan memiliki desain reaktor yang mudah dan biaya pengoperasian yang rendah dengan efisiensi penyisihan polutan yang efisien (Bhatti et al, 2014).

Menurut Kusumadewi dan Bagastyo (2016), kriteria desain untuk pengolahan UASB sebagai berikut :

1. Organic loading rate (OLR) : 5-15 kg COD/m³/hari
2. Hydraulic retention time (HRT) : 4-8 jam
3. Upflow velocity (v up) : 0,8-1,25 m/jam

Menurut Kaviyarsan (2014), keuntungan dari penggunaan UASB adalah sebagai berikut :

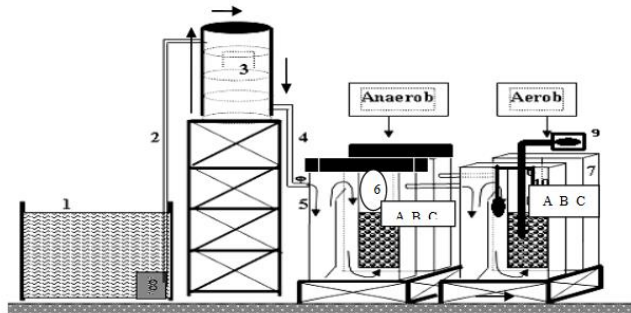
1. Kebutuhan lahan rendah, material tersedia secara umum
2. Tidak membutuhkan sistem aerasi
3. Efisiensi pengolahan tinggi untuk air limbah
4. Lumpur yang dihasilkan sedikit
5. Efluen kaya nutrient sehingga dapat digunakan untuk irigasi pertanian
6. Biogas dapat dimanfaatkan sebagai energy
7. Reduksi emisi CH₄ dan CO₂

Menurut Kaviyarsan (2014), kelemahan dari penggunaan UASB adalah sebagai berikut :

1. Membutuhkan staff ahli dalam konstruksi, operasi, dan pemeliharaan
2. Pengolahan tidak stabil dengan variable hydraulic dan organic loads
3. Efluen UASB masih dibutuhkan pengolahan untuk menyisihkan pathogen
4. Dibutuhkan aliran air yang konstan
5. Tidak cocok untuk lingkungan dengan suhu dingin

2.21 Kombinasi Biofilter Anaerobik-Aerobik

Unit kombinasi biofilter anaerobik-aerobik merupakan pengolahan air limbah secara biologis *attached growth* sehingga membutuhkan media. Efisiensi penghilangan ataupun penurunan nitrogen dengan proses kombinasi akan lebih besar bila dibandingkan dengan proses anaerob atau proses aerob saja (Hatijah et al, 2010).



Gambar 2. 6 Anaerobic-Aerobik Filter

Sumber : (Harahap, 2013)

Menurut Kusumadewi dan Bagastyo (2016), kriteria desain untuk pengolahan kombinasi anaerobik-aerobik filter sebagai berikut :

1. Organic loading rate (OLR) : $< 4,5 \text{ kg COD/m}^3/\text{hari}$
2. HRT anaerobic : 24-48 jam
3. HRT aerobic : 6-8 jam
4. Upflow velocity (v_{up}) : $< 2\text{m/jam}$

Keunggulan dari proses pengolahan air limbah dengan biofilter anaerobik-aerobik adalah sebagai berikut :

1. Tidak memerlukan lahan luas dan pengelolaan mudah
2. Biaya operasi rendah
3. Lumpur yang dihasilkan lebih sedikit daripada proses lumpur aktif
4. Dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor
5. Suplai udara untuk aerasi relatif kecil
6. Dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan beban BOD cukup besar

7. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi

2.22 Constructed Wetland

Constructed wetland atau lahan basah buatan merupakan pengolahan limbah berupa proses penjernihan air dimana tumbuhan air yang tumbuh memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alami. Menurut Metcalf (1993), *constructed wetland* merupakan sistem yang termasuk pengolahan alami dan terjadi proses pengolahan sedimentasi, filtrasi, adsorpsi, dan pengolahan biologi kimia.

Sistem pengolahan yang direncanakan, seperti untuk debit limbah, beban organik, kedalaman media, jenis tanaman lainnya, sehingga kualitas air limbah yang keluar dari sistem tersebut dapat dikontrol sesuai dengan yang dikehendaki oleh pembuatnya. Dari aspek hidrolika, *Constructed Wetland* diklasifikasikan menjadi dua tipe, yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) atau FWS (*Free Water Surface Constructed Wetland*) dan sistem aliran bawah permukaan atau SSF-Wetland (*Sub-Surface Flow Constructed Wetland*) (Vymazal, 2010). Berdasarkan pola aliran, CW dapat diklasifikasikan menurut arah aliran horizontal dan vertikal (Suswati dan Gunawan, 2013).

Kelebihan dari penggunaan *Constructed Wetland* sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah domestik menurut Khambali (2011) adalah:

1. Teknologi tepat guna yang murah
2. Tahan lama dan mudah dalam perawatan
3. Tidak memerlukan teknologi yang rumit dan peralatan mesin atau bahan kimia
4. Tidak memerlukan biaya operasional yang tinggi
5. Menggunakan sumber daya alam yang ada
6. Dapat diisi dengan keanekaragaman tumbuhan lokal setempat
7. Dapat dibuat dengan berbagai ukuran (skala rumah tangga, klinik, sekolah, rumah sakit, hotel, dsb)

8. Menyediakan ekosistem untuk tumbuhan maupun hewan
9. Tertata sebagai taman dengan lanskap yang indah dipandang.

Kekurangan dari *Constructed Wetland* adalah kurang optimal jika diterapkan pada suhu rendah.

2.22.1 Free Water Surface Constructed Wetland

Sistem FWS berupa kolam atau saluran-saluran yang dilapisi dengan lapisan impermeable di bawah saluran atau kolam. Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah merembesnya air keluar kolam saluran. FWS berisi tanah sebagai tempat hidup tanaman yang hidup pada air tergenang (*emerge plant*) dengan kedalaman 0,1-0,6 m (Metcalf dan Eddy, 1993). Pada sistem ini, limbah cair melewati akar tanaman, kemudian air limbah akan diserap oleh akar tanaman dengan bantuan bakteri (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Sistem FWS jarang digunakan karena sistem ini dapat menjadi sarang bagi faktor penyakit (seperti nyamuk) dan menimbulkan bau (Wallace dan Robert, 2006). Contoh FWS dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 7 *Free Water Surface*

Sumber : (Vymazal, 2010)

2.22.2 Sub-Surface Constructed Wetland

Sistem SSF dirancang dengan perlakuan lebih terkontrol, misalnya dengan pengaturan HRT dan HLR untuk menghitung dimensi. Air dialirkan dari bawah media sehingga resiko paparan polutan secara langsung terhadap manusia dapat diminimalisasi. SSF juga efektif untuk pengolahan primer air limbah karena tidak ada kontak secara langsung dengan kolom air dan atmosfer. Ketersediaan oksigen disuplai kedalam air limbah oleh akar tanaman, namun oksigen akan digunakan kembali untuk pertumbuhan biofilm pada akar. Limbah yang mengandung ammonia secara efektif disisihkan dalam kondisi anaerob. Sistem SSF yang digunakan dengan aliran kontinu menggunakan aliran horizontal. SSF dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 8 *Sub-Surface Constructed Wetland*

Sumber : (Vymazal, 2010)

Kelebihan dari sistem ini adalah tidak adanya genangan air yang dapat menimbulkan bau dan menjadi tempat berkembang biak nyamuk. Selain itu, *Horizontal Flow System* juga baik didalam penyisihan partikel tersuspensi karena kemampuan didalam menyaring dan penyisihan BOD.

Rentang tipikal yang disarankan untuk perencanaan diberikan dibawah ini:

Removal TSS : 60 – 75%

Removal BOD oleh media : 75 – 98%

Removal BOD yang dibantu dengan adanya tanaman : 4,4% (Diaz et al., 2014)

Tanaman yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah tanaman cattail. Cattail sp. merupakan tanaman yang mampu tumbuh di lingkungan tropis. Bentuk tanaman ini seperti rumput. Cattail sp. dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 9 *Cattail sp.*

Penurunan amoniak oleh tanaman Cattail sp. mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu tinggal. Hal ini dikarenakan penurunan senyawa nitrogen dilakukan oleh bakteri melalui proses amonifikasi, nitrifikasi, denitrifikasi juga terjadi melalui volatilisasi ion amonium (NH_4^+) menjadi gas NH_3 , sedimentasi dan penyaringan, adsorpsi ion amonium kedalam sedimen organik dan anorganik melalui pertukaran ion positif. (Liehr, 2000).

Senyawa amoniak (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+) yang terbentuk melalui penguraian oleh bakteri dalam proses amonifikasi akan diasimilasikan oleh tumbuhan menjadi berbagai bentuk senyawa organik. (Singleton, 1995). Menurut Hidayat (2006) bahwa batang, cabang, dan daun tumbuhan akuatik yang

berada di dalam genangan air akan memperluas area mikroorganisme melekat. Di bawah permukaan substrat pasir dan kerikil yang tergenang, akar tumbuhan mengeluarkan oksigen sehingga akan terbentuk zona akar dan zona oksigen, terjadi absorpsi nitrogen dan unsur pencemar untuk pertumbuhan tumbuhan.

Klasifikasi Cattail sp. sebagai berikut.

Kingdom	= Plantae
Ordo	= Poales
Famili	= Typhaceae
Genus	= Typha

Tanaman cattail sp. *atau Typha angustifolia* mempunyai ciri berupa rumput menahun, tegak, kekar, dan tinggi sekitar 1,5-3m dengan batang membulat. Daun berbentuk gatis tegak meruncing dan terbagi dalam banyak ruang. Berdasarkan penelitian Hidayah dan Aditya (2009), cattail sp. dapat menurunkan BOD sebesar 47,4-91,6%, COD sebesar 77,6-91,8%, dan TSS sebesar 33,3-83,3%. Menurut penelitian Abdulgani dkk (2014), tanaman cattail sp. dapat mereduksi ammonia sebesar 87,52%.

2.23 Penelitian Terdahulu Pengolahan Ikan

Penelitian dan perencanaan terdahulu merupakan penelitian atau perencanaan yang telah dilakukan oleh peneliti lain guna menunjang perencanaan yang akan dilakukan. Penelitian terdahulu berfungsi untuk membantu dalam menentukan pengolahan yang dibutuhkan untuk UKM pengolahan ikan dan memperoleh pendekatan untuk kriteria yang digunakan. Penelitian-penelitian terdahulu yang telah digunakan untuk mengolah air limbah dengan kandungan organik tinggi yaitu :

1. Peningkatan kualitas efluen limbah cair pencucian ikan menggunakan modifikasi *bio-rack wetland*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair pencucian ikan berkadar organik dan nutrisi tinggi menggunakan ABR dan *bio-rack wetland*.

Limbah cair pencucian ikan yang diolah memiliki karakteristik sebagai limbah kuat, yaitu COD 3000-8000 mg/L, TSS 500-2000 mg/L, Nitrogen > 100 mg/L dan Phospor 50-200 mg/L. ABR dijalankan dengan waktu tinggal satu hari berisi tiga sekat dan empat kompartemen. Operasional *bio-rack wetland* dijalankan dengan influen berasal dari efluen ABR sehingga membentuk rangkaian reaktor pengolahan anaerobik-aerobik. *Bio-rack wetland* dijalankan dengan variasi waktu detensi selama 2 hari, 2,5 hari, dan 3 hari. Media *bio-rack* berupa pipa PVC dengan luas total 0,032 m². Tumbuhan yang ditanam pada media *bio-rack* adalah padi dan Cyprus. Efisiensi yang dapat dicapai oleh sistem pengolahan ABR – *Bio-rack wetland* dengan Cyprus adalah sebagai berikut :

- TSS : 90,04%
- COD : 80,86%
- Total N : 97,99%
- Total P : 94,65%

Kandungan nutrisi tinggi dalam limbah cair pencucian ikan memperbesar biomassa yang berperan memberikan efektivitas yang tinggi dalam pengolahan. Efisiensi pengolahan limbah cair pencucian ikan tercapai lebih baik pada waktu detensi lebih lama, yaitu 3 hari. Sedangkan densitas tumbuhan pada media tumbuh *bio-rack* yang lebih kecil (1500/m²) menunjukkan hasil efisiensi lebih baik (Oktavia, 2013).

2. Pengaruh biofilm terhadap efektivitas penurunan BOD, COD, TSS, minyak dan lemak dari limbah pengolahan ikan menggunakan trickling filter.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sumber mikroorganisme terhadap pembentukan biofilm serta pengaruh biofilm dan variasi sirkulasi terhadap efektivitas penurunan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS), minyak dan lemak dari limbah pengolahan ikan. Berdasarkan penelitian Oktavia dkk (2012), limbah pengolahan ikan mengandung TSS sebesar 47 mg/L, BOD sebesar 270 mg/L, dan COD sebesar 410 mg/L. Sedangkan pada penelitian Hayati (1998), pengolahan ikan (*sardine*) mengandung BOD sebesar 9,22 x 10³mg/kg; TSS sebesar

5,41 x 103mg/kg; minyak dan lemak sebesar 0,21 x 103– 0,3 x 103mg/kg. Karakteristik air limbah yang mengandung senyawa organik ditunjukkan antara lain oleh tingginya parameter BOD dan COD.

Trickling Filter merupakan proses pengolahan dengan cara menyebarkan air limbah ke suatu tumpukan atau media yang biasanya terdiri dari bahan kerikil, pecahan keramik, medium dari plastik atau pecahan genting. *Trickling filter* merupakan pengolahan limbah cair dengan jenis pertumbuhan mikroorganisme terlekat (*attached growth*). Mikroorganisme tersebut akan melekat pada biofilm yang terbentuk pada media *trickling filter*. Biofilm merupakan lapisan tipis yang tersusun oleh kumpulan mikroorganisme yang dapat tumbuh pada permukaan media. Lapisan biofilm terdiri dari bakteri, protozoa dan fungi seperti *Zoogloea ramigera*, *Carchesium* dan *Opercularia vorticella*.

Penelitian ini diawali dengan pembuatan biofilm dari pecahan genting sebagai media menggunakan air limbah pengolahan ikan dan air sungai sebagai sumber mikroorganisme. Setelah biofilm terbentuk, air limbah dipercikkan ke dalam bak yang berisi biofilm tersebut sebanyak 4 kali sirkulasi. BOD, COD, TSS, minyak dan lemak diukur pada masing-masing sirkulasi. Data dianalisis dengan menggunakan ANOVA dua arah untuk mengetahui pengaruh sumber mikroorganisme dan variasi sirkulasi pada efektivitas sistem dalam menurunkan parameter pencemar. Sumber mikroorganisme dari limbah pengolahan ikan lebih efektif dibandingkan air sungai. Analisis menunjukkan bahwa sirkulasi 4 lebih efektif dalam menurunkan BOD, COD, TSS, minyak dan lemak dengan persentase secara berurutan adalah 87,50%; 59,57%; 91,85%; dan 88,56% (Agustina dkk, 2016)

2.24 Kelayakan Ekonomi

Kelayakan ekonomi merupakan batasan ekonomi yang dapat diterima oleh masyarakat. Menurut Permen PUPR (2017), penilaian kelayakan dilakukan berdasarkan perhitungan parameter kelayakan. Pembangunan suatu IPAL atau bangunan dapat

dianggap layak apabila hasil perhitungan parameter memiliki nilai minimal sama dengan batasan kelayakan yang telah ditetapkan. Analisis perhitungan kelayakan ekonomi menggunakan perhitungan waktu pengembalian, NPV, IRR, dan BCR. Perhitungan kelayakan ekonomi dapat dilihat pada Persamaan 2.4 hingga Persamaan 2.7

Payback period

Payback period merupakan waktu atau periode kembalinya investasi yang diperlukan untuk dapat menutup pengeluaran untuk suatu proyek menggunakan *net cash flow* atau aliran kas netto

$$\text{Payback period} = n + \frac{a-b}{c-b} \times 1 \text{ tahun} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- n : tahun terakhir arus kas belum dapat menutup investasi awal
- a : jumlah investasi awal
- b : jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke-n
- c : jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke n+1

Net Present Value (NPV)

Net Present Value merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang. Keunggulan NPV yaitu dapat memperhitungkan nilai waktu dari uang, memperhitungkan arus kas usia ekonomis, dan memperhitungkan nilai sisa proyek.

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n \frac{I}{1+r} + \frac{CF}{(1+r)^t} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- NPV : nilai investasi sekarang
- I : modal awal
- CF : cashflow tiap tahun
- r : tingkat bunga
- n : tahun ke-n

Economic Benefit Cost Ratio (BCR)

$$\frac{B}{C} \text{ ratio} = \frac{PV \text{ cash inflow}}{PV \text{ cash outflow}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Hasil perhitungan disebut positif terhadap batas kelayakan ekonomi apabila memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Pay back period maksimal sama dengan jumlah tahun yang ditentukan.
2. NPV bernilai positif.
4. Benefit Cost Ratio >1

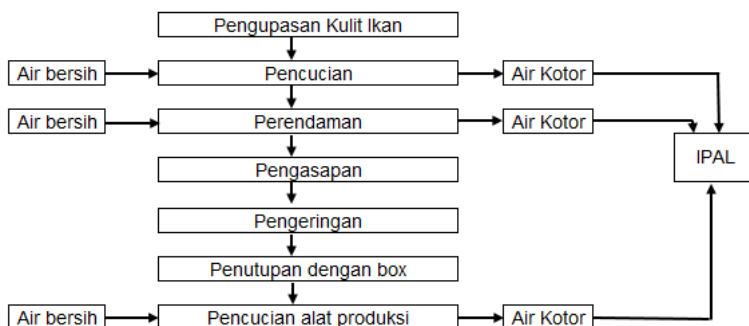
BAB 3

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Gambaran Umum Perencanaan

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan IPAL Permukiman untuk Industri Kecil Menengah (UKM) Pengolahan Ikan dan domestik di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya. Industri perikanan terdiri dari pengolahan ikan dan pengasapan ikan. IPAL akan digunakan untuk mengolah air limbah domestik dan bekas cucian ikan, perebusan ikan, dan pencucian peralatan yang digunakan dalam proses pengolahan. Proses pengolahan pada UKM perikanan dapat dilihat pada Gambar 3.1 hingga Gambar 3.4

a. Proses Pengasapan



Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Pengasapan Ikan

Proses pengasapan ikan dimulai dari tahap pengupasan kulit ikan (sisik) dan pemotongan bagian tubuh ikan. Pengupasan kulit ikan dilakukan dengan menggosok ikan dengan sikat halus kemudian dialirkan air pada bagian tubuh ikan yang digosok. Selanjutnya dilakukan tahap *fillet* dan pencucian ikan. Dalam tahap pencucian ini menghasilkan limbah yang cukup banyak. Selanjutnya dilanjutkan dengan tahap perendaman dengan garam sebagai pengawet. Perendaman bertujuan untuk memberikan aroma gurih dan membantu menghilangkan bau pada ikan pari.

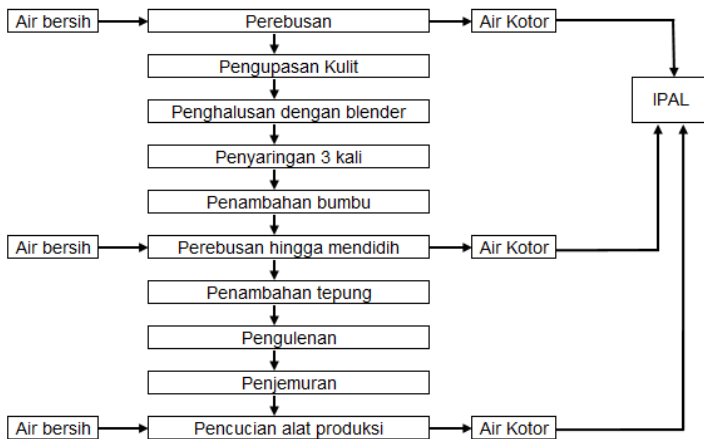
Larutan garam yang digunakan harus mempunyai kejenuhan antara 70-80%. Larutan diatas 100% akan merusak produk yaitu dengan terbentuknya Kristal garam di atas permukaan ikan. Larutan garam dengan kejenuhan dibawah 50% akan menghasilkan ikan asap yang kurang baik mutunya.

Proses perendaman berlangsung selama 30 menit kemudian diikuti dengan proses penirisan dan pengasapan. Proses penirisan bertujuan untuk menghilangkan air supaya proses pengasapan lebih cepat. Setelah melalui proses pengasapan maka akan dilakukan pengeringan. Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang menempel pada tubuh ikan. Proses terakhir yaitu penyimpanan sementara di dalam box sebelum dilakukan distribusi atau dijual.



Gambar 3. 2 Bahan Baku Ikan Pari

b. Proses Pembuatan Kerupuk



Gambar 3. 3 Diagram Alir Proses Pembuatan Kerupuk

Proses pembuatan kerupuk kepiting dimulai dengan tahap perebusan. Perebusan ini bertujuan untuk melunakkan cangkang sehingga daging kepiting dapat diambil. Proses selanjutnya adalah pengupasan kulit dan dilakukan penghalusan daging kepiting menggunakan *blender*. Daging yang telah dihaluskan disaring sebanyak 3 kali. Adonan kemudian ditambahkan bumbu dan direbus hingga mendidih. Penambahan tepung dan pengulenan dilakukan untuk membentuk adonan supaya tekstur yang dihasilkan sesuai dengan tekstur kerupuk. Tahap terakhir adalah penjemuran kerupuk yang telah dicetak.



Gambar 3. 4 Bahan Baku Kulit Ikan pari (a) dan Kepiting (b)

3.2 Gambaran Limbah Cair Industri Kecil Menengah

Pengolahan ikan di UKM Tambakwedi terdiri dari 2 yaitu pengolahan ikan dan pengasapan ikan. Jenis ikan yang paling banyak diolah adalah ikan pari. Jumlah UKM pengolahan ikan di Kelurahan Tambakwedi sebanyak 60 UKM yang terdiri dari 35 pengolahan dan 25 pengasapan. Setiap UKM melakukan pengolahan ikan sebanyak 50 kg. Proses produksi dilakukan di ruangan terbuka dekat kawasan pemukiman penduduk.

3.3 Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan

Kondisi sanitasi di wilayah Kelurahan Tambakwedi masih belum dilakukan pengolahan dan dibuang secara langsung menuju saluran terbuka. Hasil pengukuran secara langsung menunjukkan bahwa lebar saluran drainase berukuran besar mencapai 2,5 m yang penuh dengan sampah dan air buangan domestik maupun pengolahan ikan. Kepemilikan tangki septik oleh masyarakat kelurahan Tambakwedi sebesar 54%. Saluran drainase dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3. 5 Saluran Drainase di Kelurahan Tambakwedi

Kebutuhan air bersih masyarakat Kelurahan Tambakwedi dilayani oleh PDAM Surya Sembada. Akses jalan rata-rata memiliki lebar

2,5-4 meter dengan menggunakan *paving block* dan aspal. Kondisi jalan di Kelurahan Tambakwedi dapat pada Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Kondisi Jalan di Kelurahan Tambakwedi

3.4 Gambaran Umum Daerah Perencanaan

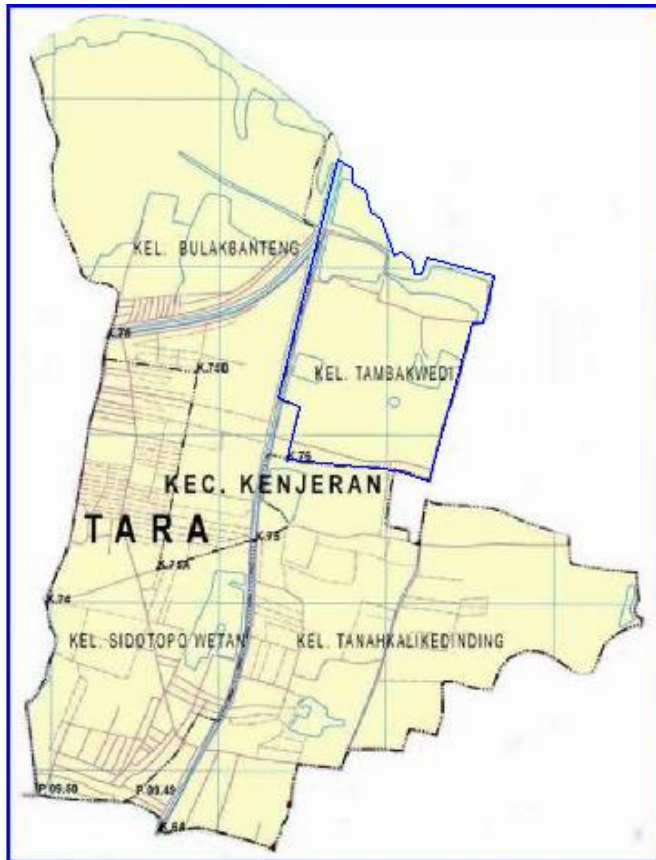
Perencanaan IPAL Permukiman dilakukan di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya. Secara geografis, Kecamatan Kenjeran berada di Wilayah Surabaya dengan letak geografis antara 07°12'-07°21' Lintang Selatan (LS) dan 112°36'-112°21' Bujur Timur (BT) dengan luas daratan mencapai 376,36 km² dengan ketinggian wilayah 1,5-4 m. Kecamatan Kenjeran dibatasi oleh wilayah sebagai berikut.

Utara	: Selat Madura
Timur	: Kecamatan Bulak
Barat	: Kecamatan Semampir
Selatan	: Kecamatan Tambaksari



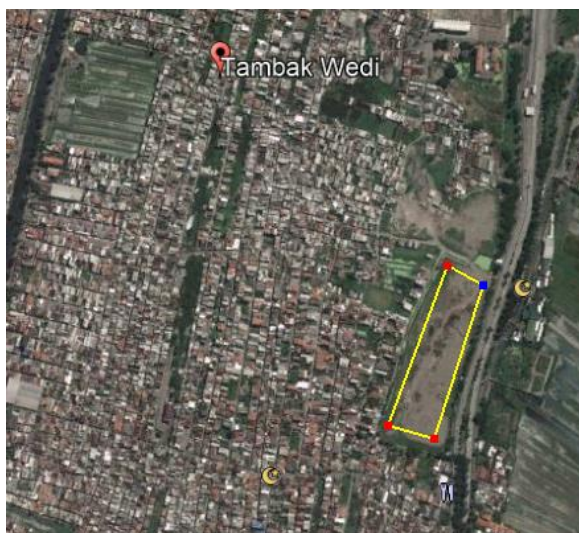
Gambar 3. 7 Peta Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya

Kecamatan Kenjeran terdiri dari 4 kelurahan, yaitu Kelurahan Tambakwedi, Kelurahan Bulak Banteng, Kelurahan Tanah Kalikedinding, dan Kelurahan Sidotopo Wetan. Batas wilayah Kelurahan Tambakwedi dapat dilihat pada Gambar 3.6. Berdasarkan Kecamatan Kenjeran dalam Angka (2017), jumlah penduduk Kelurahan Tambakwedi adalah 15.256 jiwa dengan kepadatan penduduk 15.567 jiwa/m². Ketinggian wilayah Kelurahan Tambakwedi dalam rentang 1,5-4 m di atas permukaan laut. Jenis tanah pada wilayah Kelurahan Tambakwedi adalah tanah alluvial kelabu tua.



Gambar 3. 8 Peta Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran

Lokasi perencanaan IPAL terletak di Kelurahan Tambakwedi yang terletak di Jalan Tambak Wedi Tengah Timur 1 pada koordinat - 7.214402S,112.7777150E yang merupakan lahan terbuka milik Pemkot Surabaya. Luas area yang termasuk lahan kosong sebesar 24.459,25 m². Peta lahan kosong dan kondisi lahan yang akan digunakan sebagai lokasi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3. 9 Peta Lokasi Perencanaan Kelurahan Tambakwedi,
Kecamatan Kenjeran
(Sumber : Google earth)



Gambar 3. 10 Lokasi Perencanaan Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan
Kenjeran

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

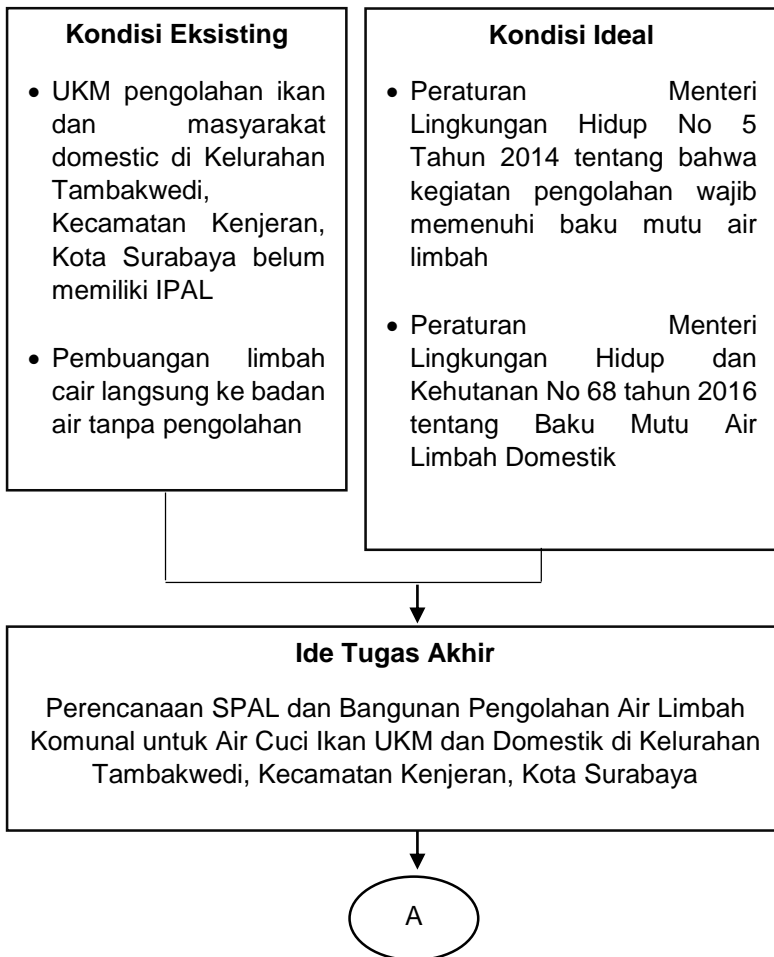
Perencanaan IPAL Permukiman untuk UKM pengolahan ikan dan domestik dilaksanakan tepatnya di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya. Pengambilan lokasi di kawasan Tambakwedi mempertimbangkan kondisi air limbah UKM dan domestik yang secara langsung dibuang ke badan air akibat tidak memiliki pengolahan limbah cair serta limbah domestik. Pembuangan limbah tanpa dilakukan pengolahan akan menimbulkan pencemaran, utamanya kandungan bahan organik yang tinggi. Perencanaan IPAL Permukiman menggunakan proses anaerobik dan aerobik untuk mengolah limbah perikanan. Metode perencanaan disusun sebagai pedoman dalam proses perencanaan yaitu mulai proses pengumpulan data primer dan sekunder, perhitungan serta pembuatan desain dari ide perencanaan, dan penarikan kesimpulan. Hasil perencanaan berupa perencanaan teknik terinci, *Bill of Quantity* (BOQ), Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan perhitungan kelayakan ekonomi

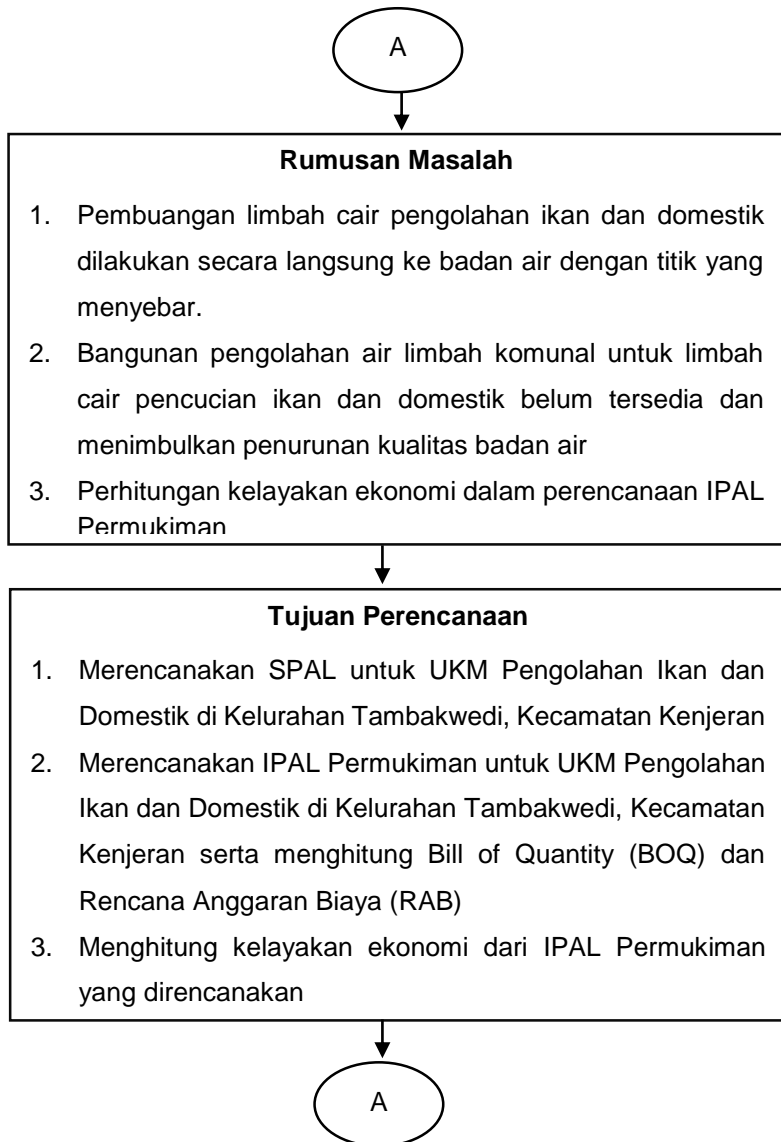
4.2 Kerangka Perencanaan

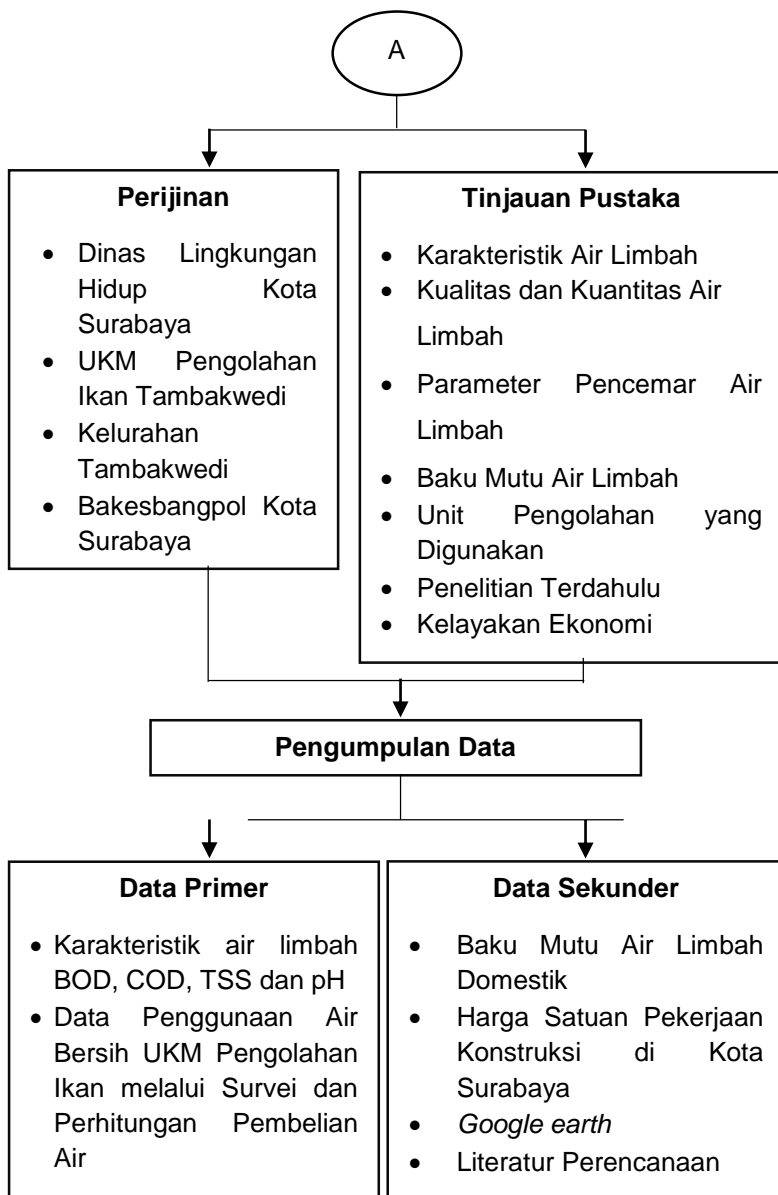
Tahap kerangka perencanaan menjelaskan tentang urutan kerja yang akan dilakukan pada proses perencanaan. Penyusunan kerangka perencanaan dilakukan dengan jelas dan sistematis. Tahapan ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses pelaksanaan perencanaan antara lain sebagai berikut.

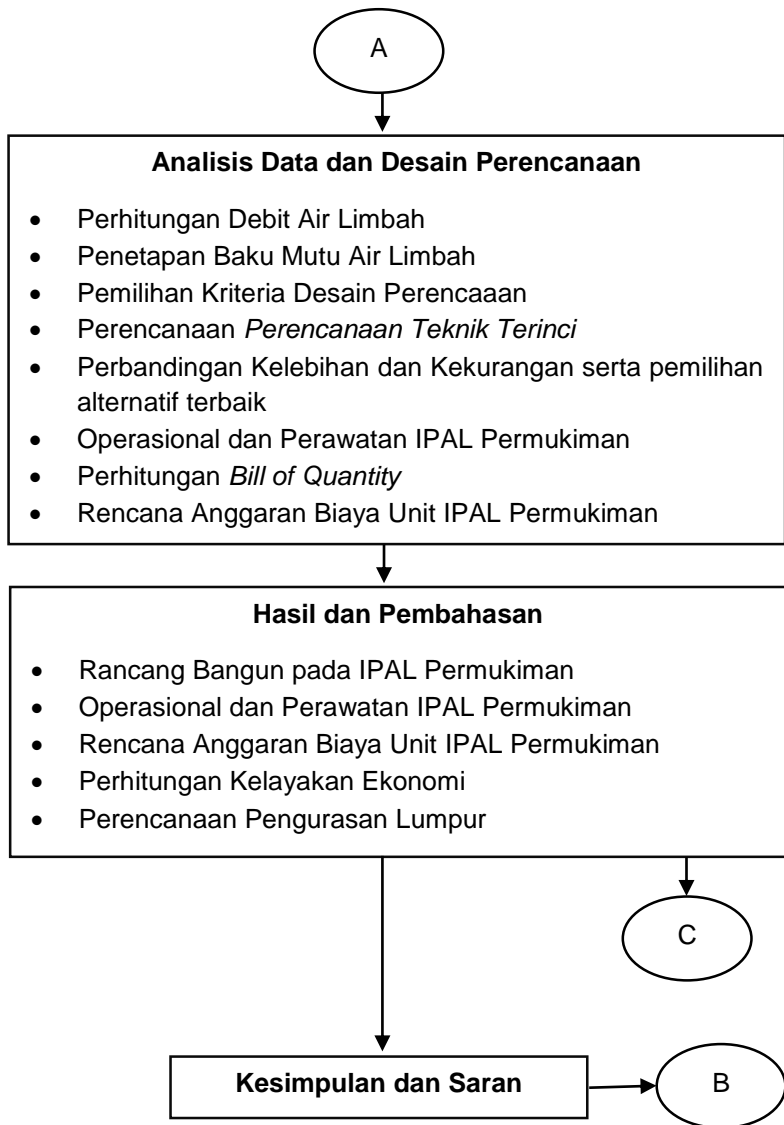
- Gambaran awal mengenai tahap pelaksanaan perencanaan dan penulisan laporan yang sistematis dan terarah
- Mengetahui tahap pelaksanaan perencanaan awal hingga akhir
- Mengetahui hal-hal terkait perencanaan untuk mencapai tujuan perencanaan

Tahapan perencanaan yang perlu dilakukan pada perencanaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 4.1









Gambar 4. 1 Tahap Perencanaan

4.2.1 Perijinan

Perijinan dilakukan untuk keperluan pengambilan data primer atau pengumpulan data. Perijinan dimulai dengan pembuatan proposal yang telah ditandatangani oleh Departemen Teknik Lingkungan ITS, kemudian ditujukan kepada Bakesbang Surabaya untuk mendapatkan surat resmi kunjungan ke instansi yang terkait. Instansi yang akan menjadi sasaran penelitian pada perencanaan tugas akhir ini adalah Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya dan UKM Pengolahan Ikan Tambakwedi. Pengambilan data langsung dilakukan menuju instansi terkait setelah ada konfirmasi perijinan.

4.2.2 Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka bertujuan untuk mendukung literatur ide perencanaan tugas akhir dan mampu meningkatkan pemahaman terhadap ide yang direncanakan. Tinjauan pustaka juga memiliki pendukung hasil dari analisis data dan pembahasan untuk menyesuaikan dengan literatur yang ada. Beberapa teori pendukung yang digunakan dalam mendukung ide perencanaan yaitu :

- Karakteristik Air Limbah Perikanan
- Kualitas dan Kuantitas Air Limbah
- Parameter Pencemar Air Limbah
- Baku Mutu Air Limbah
- Kelebihan dan Kekurangan Unit IPAL
- Unit Pengolahan yang Digunakan
- Penelitian Terdahulu
- Kelayakan Ekonomi

4.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibutuhkan guna mendapat data-data pendukung yang relevan dan realistis agar perencanaan dapat dilakukan dengan benar dan sesuai dengan kondisi lapangan. Data yang dibutuhkan dalam perencanaan ini berupa data primer dan data sekunder.

1. Data Primer
 - a. Data pemakaian air bersih UKM dan masyarakat dengan melakukan survei secara langsung ke lokasi perencanaan

Pengumpulan data primer ini dilakukan melalui survei lapangan dan wawancara. Survei lapangan dan wawancara dilakukan di Kelurahan Tambakwedi untuk mendapatkan informasi dengan memperhatikan batasan ruang lingkup. Populasi dari perencanaan ini yaitu semua UKM Pengolahan Ikan di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran sebanyak 60 UKM dan masyarakat di Kelurahan Tambakwedi. Data berupa lokasi dapat didapatkan dari penggunaan aplikasi *google earth* guna mengetahui elevasi lokasi. Proses perencanaan dibatasi oleh waktu, sehingga diperlukan sampel sebagai generalisasi dari data perencanaan.

b. Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah meliputi BOD, TSS, COD, pH, minyak dan lemak. Data karakteristik air limbah didapatkan melalui sampling dan analisis laboratorium. Parameter yang diukur yaitu BOD, COD, TSS, pH, serta minyak dan lemak. Pengambilan sampel air limbah mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Teknik pengambilan sampel yang digunakan pada perencanaan ini yaitu metode *grab sampling*. Sampel industri diambil pada air buangan yang terdiri dari pencucian ikan, perendaman ikan, dan pencucian alat produksi. Sampel diambil sebanyak 1 kali untuk mengetahui beban pencemar air limbah. Penelitian berupa uji laboratorium dilakukan untuk diketahui besar beban pencemar setiap UKM dan air limbah yang dihasilkan oleh domestik.

Tabel 4. 1 Metode Pengukuran Analisis Parameter Air Limbah

Parameter	Metode Pengukuran	Sumber
BOD	Metode Winkler	SNI 6989.72:2009
COD	Metode Titrimetri	SNI 6989.73:2009
TSS	Metode Gravimetri	SNI 06-6989.3:2004
pH	Metode pH meter	SNI 06-6989.11:2004
Minyak dan Lemak	Metode Gravimetri	SNI 06.6989.10:2004

Kuantitas air limbah UKM pengolahan ikan didapatkan dari pengukuran meteran kebutuhan air bersih atau pengukuran dengan jumlah pembelian jurigen. Debit air limbah didapatkan dari 80-100% jumlah kebutuhan air bersih yang digunakan selama proses produksi setiap hari dengan satuan $m^3/hari$.

- c. Luas Lahan Kosong Lokasi IPAL
Pengukuran luas lahan yang tersedia akan dilakukan secara langsung menggunakan meteran dan diukur dengan aplikasi *Google Earth*. Lahan yang digunakan sebagai tempat IPAL Permukiman adalah lahan hijau.
2. Data Sekunder
 - a. Denah dan Luas Lahan Daerah Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran
Denah didapatkan dari Dinas Pengelolaan Bangunan dan PU Cipta Karya.
 - b. Data Elevasi Tanah
Data elevasi tanah didapatkan dari pemakaian GPS.
 - c. Baku Mutu Air Limbah
Baku mutu air limbah didasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
 - d. Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi di Kota Surabaya Tahun 2018
HSPK dibutuhkan sebagai pedoman harga yang berlaku untuk mendirikan suatu bangunan.
 - e. Literatur Perencanaan Desain IPAL Permukiman

4.2.4 Analisis Data dan Desain Perencanaan

Analisis data dilakukan setelah proses pengumpulan data, baik dari data primer maupun sekunder. Berikut adalah proses pengolahan data beserta analisisnya :

- Perhitungan Debit Air Limbah berdasarkan dari pengukuran efluen air limbah dari UKM Pengolahan Ikan dan domestik di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran. Debit juga dapat diketahui melalui penampungan air buangan dan

perhitungan debit pemakaian air bersih yang dikonversi ke debit air limbah.

- Penetapan Baku Mutu Air Limbah yang disesuaikan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Pemilihan Kriteria Desain Perencanaan dengan pustaka
- Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan serta pemilihan alternatif terbaik
- Perhitungan kesetimbangan massa (*mass balance*)
- Perencanaan Teknik Terinci berupa dimensi unit pengolahan dan gambar kerja. Tahap pertama dalam perencanaan yaitu melakukan perhitungan efisiensi penyisihan parameter pencemar guna menghitung kesetimbangan massa. Gambar perencanaan meliputi gambar denah bangunan, gambar potongan melintang dan memanjang, gambar detail bangunan IPAL. Pembuatan gambar dilakukan dengan menggunakan *software Autocad 2007* dengan skala yang disesuaikan.
- Pembuatan layout bangunan IPAL dan profil hidrolis

4.2.5 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan bertujuan untuk memperjelas data yang telah diolah. Berdasarkan aspek perencanaan, maka hasil dan pembahasan yang akan dilakukan sebagai berikut.

- Rancang Bangun pada IPAL Permukiman beserta Penyaluran Efluen ke Badan Air
- *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Unit IPAL Permukiman
- Perhitungan Kelayakan Ekonomi

4.2.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan perencanaan. Kesimpulan dan saran meliputi :

1. Sistem penyaluran air limbah untuk UKM Pengolahan Ikan dan Domestik di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran
2. Desain bangunan pengolahan air limbah komunal UKM Pengolahan Ikan dan Domestik di Kelurahan Tambakwedi,

Kecamatan Kenjeran beserta Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

3. Hasil kelayakan ekonomi dari IPAL Permukiman yang direncanakan

BAB 5

ANALISIS HASIL SURVEI MASYARAKAT DAN PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH

5.1 Analisis Survei Masyarakat

Analisis survei masyarakat dilakukan berupa pengisian kuesioner yang ditujukan untuk masyarakat di kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya. Pengisian kuesioner untuk masyarakat guna kebutuhan limbah domestik menggunakan Rumus Slovin dengan galat 10%. Metode pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan dengan *stratified random sampling*. Jumlah penduduk yang terdapat di Kelurahan Tambakwedi sebesar 15.256 jiwa dengan rata-rata anggota keluarga sebesar 3,55 jiwa/KK. Perhitungan jumlah KK yang akan dilakukan pengambilan sampel sebagai berikut.

- Total jumlah KK di Kelurahan Tambakwedi (N)

$$= \frac{15.256 \text{ jiwa}}{3,55 \text{ jiwa/KK}} = 4297,465 \text{ KK} \approx 4298 \text{ KK}$$
- Jumlah KK yang dihitung dengan Rumus Slovin

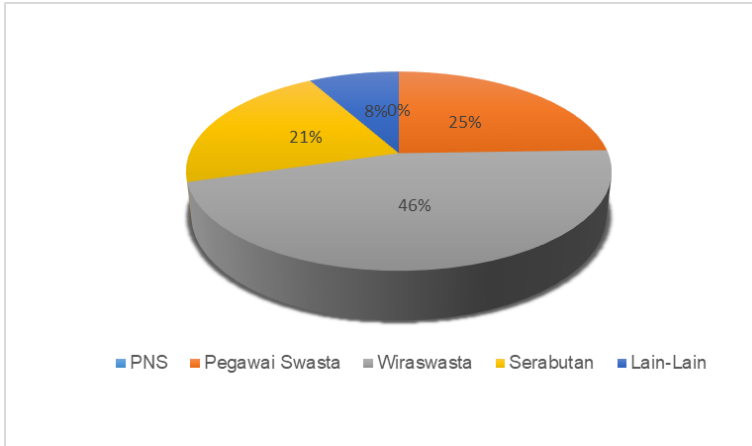
$$= \eta = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{4298}{1 + 4298(0.1)^2} = 97,73 \text{ KK} \approx 98 \text{ KK}$$

Berdasarkan perhitungan jumlah responden dengan Rumus Slovin, maka didapatkan jumlah responden sebanyak 98 KK. Survei yang dilakukan menggunakan metode wawancara, diantaranya berisi jumlah keluarga dalam satu rumah, pendidikan, pekerjaan, penghasilan, serta kepemilikan jamban dan tangki septik.

Tabel 5. 1 Profil Umur Responden

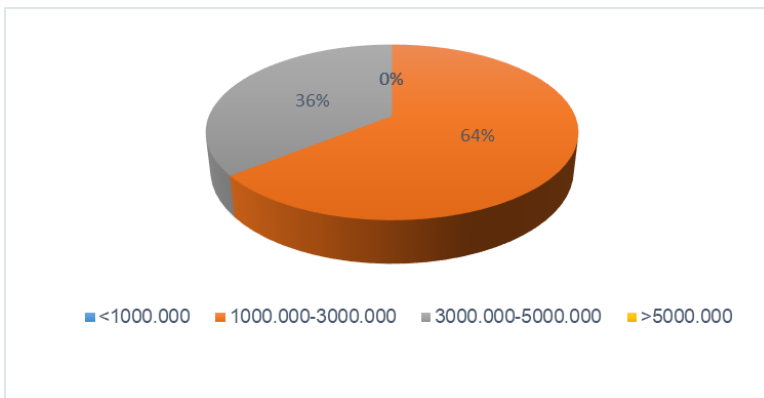
Parameter	17-25	26-45	>45
Laki-laki	0	1	0
Perempuan	0	11	13

Umur responden ditujukan untuk masyarakat kategori dewasa yang memiliki gambaran tentang air buangan yang dihasilkan dari pengolahan ikan dan air buangan masyarakat sehari-hari.



Gambar 5. 1 Komposisi Pekerjaan Masyarakat Kelurahan Tambakwedi

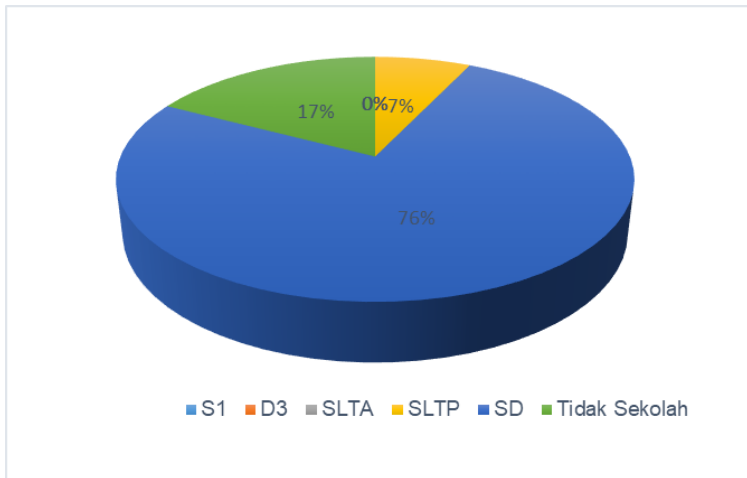
Jenis pekerjaan masyarakat Kelurahan Tambakwedi didominasi oleh Pegawai Swasta dan Serabutan dengan penghasilan yang dapat dilihat pada Gambar 5.2



Gambar 5. 2 Komposisi Penghasilan Masyarakat Kelurahan Tambakwedi

Tingkat penghasilan yang didapatkan mayoritas sebesar Rp 1.000.000-3.000.000 setiap bulan dengan jumlah 64%. Hasil

survei juga berisi mengenai tingkat pendidikan yang ditempuh oleh masyarakat Kelurahan Tambakwedi pada Gambar 5.3

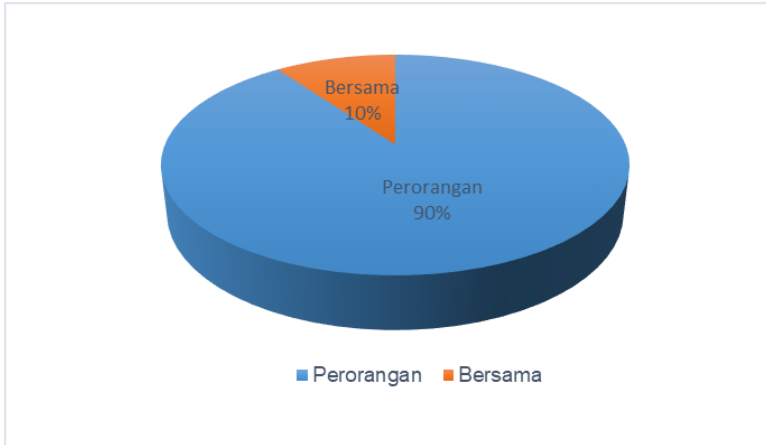


Gambar 5. 3 Komposisi Pendidikan Masyarakat Kelurahan Tambakwedi

Tingkat pendidikan masyarakat Kelurahan Tambakwedi mayoritas adalah jenjang Sekolah Dasar sebesar 76%. Hubungan tingkat pendidikan terhadap sanitasi yaitu besar kecilnya pengetahuan masyarakat akan pentingnya memperhatikan kesehatan lingkungan. Rentang pendidikan sekolah dasar sebagian besar masih belum memprioritaskan sanitasi yang layak sebagai kebutuhan.

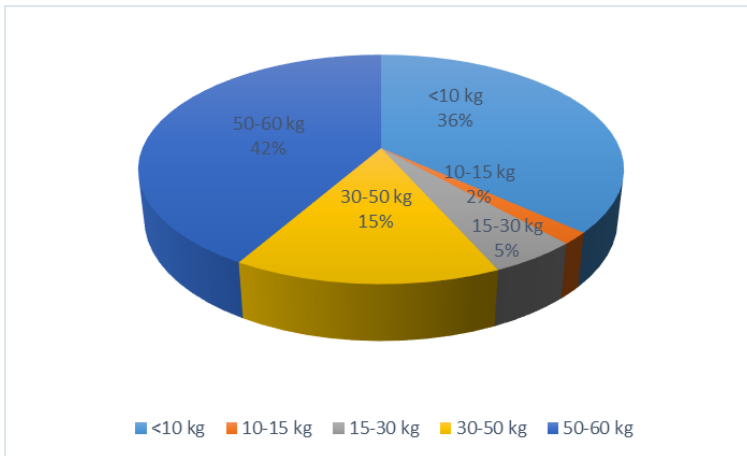
5.2 Analisis Survei UKM

Analisis survei UKM dilakukan berupa pengisian kuesioner yang ditujukan untuk UKM Pengolah dan Pengasap Ikan di kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya. Pengisian kuesioner untuk UKM guna mengetahui air limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan ikan. Pengisian kuesioner untuk air limbah industri pengolahan ikan oleh UKM Tambakwedi ditujukan untuk satu orang perwakilan dalam satu UKM. Pengambilan kuesioner dilakukan terhadap seluruh UKM yang aktif produksi.



Gambar 5. 4 Status Kepemilikan UKM

Hasil data kuesioner menunjukkan bahwa status kepemilikan UKM di Kelurahan Tambakwedi sebagian besar adalah milik perorangan sebesar 90%.



Gambar 5. 5 Jumlah Bahan Baku Ikan

Produksi olahan ikan maupun pengasapan dalam satu UKM sebagian besar sebanyak 50-60kg setiap harinya sebesar 42%.

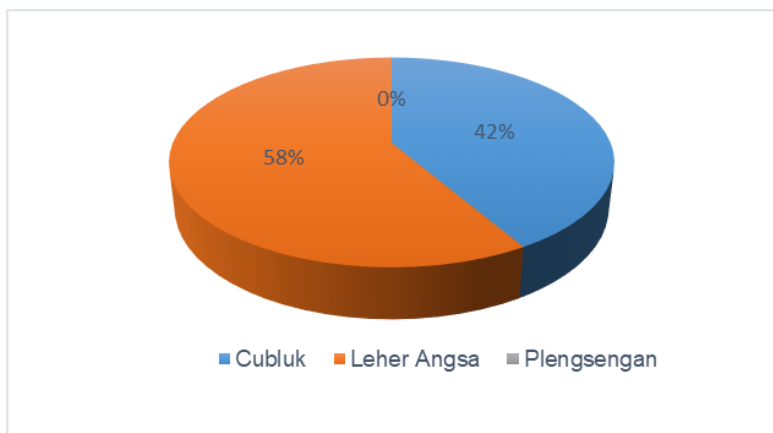
5.3 Ketersediaan Sarana Air Limbah Domestik

Survei ketersediaan sarana air limbah ditujukan untuk mengetahui kepemilikan jamban, jenis jamban, kepemilikan tangki septik, waktu pengurasan tangki septik, penanganan terhadap air buangan yang dihasilkan oleh domestik serta jenis penyakit yang paling sering diderita beserta kuantitasnya setiap tahun.



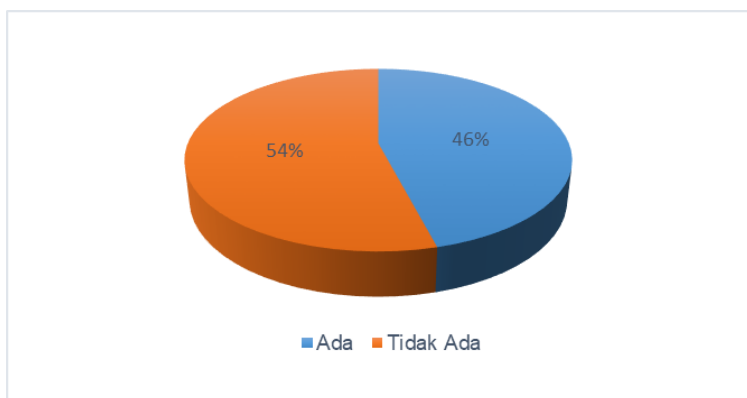
Gambar 5. 6 Kepemilikan Jamban Rumah Tangga

Masyarakat Kelurahan Tambakwedi sebagian besar telah memiliki jamban dengan persentase 79% dari jumlah responden.



Gambar 5. 7 Jenis Jamban Responden

Berdasarkan hasil survei, didapatkan jenis jamban yang sebagian dimiliki oleh masyarakat Kelurahan Tambakwedi adalah Leher Angsa dengan persentase 58%.



Gambar 5. 8 Kepemilikan Tangki Septik

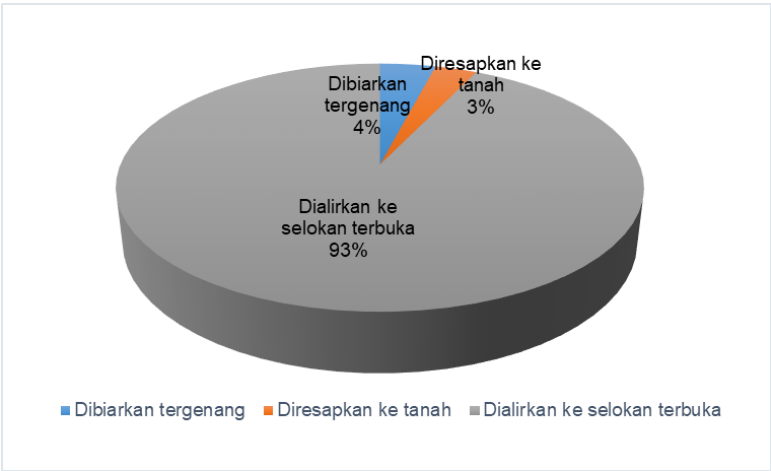
Kepemilikan tangki septik oleh masyarakat Kelurahan Tambakwedi menunjukkan bahwa sebesar 54% rumah masih

belum memiliki tangki septik, sehingga air buangan domestik dialirkan langsung menuju selokan terbuka.



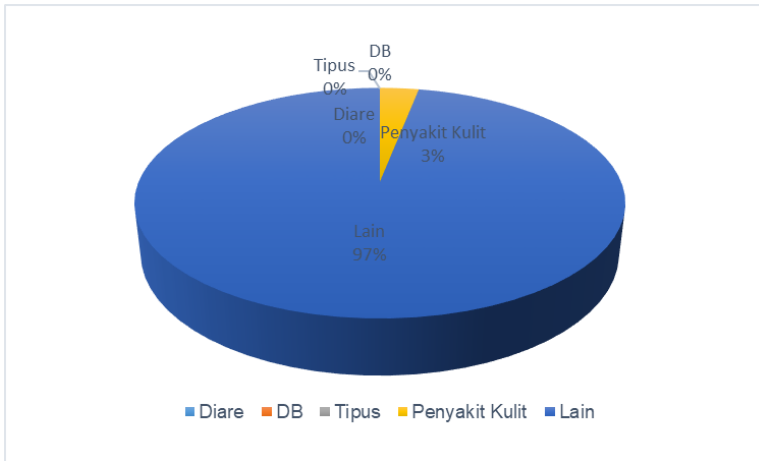
Gambar 5. 9 Waktu Pengurasan Tangki septik

Rumah yang memiliki tangki septik tidak pernah dikuras sebanyak 95%.



Gambar 5. 10 Penanganan Air Limbah Domestik

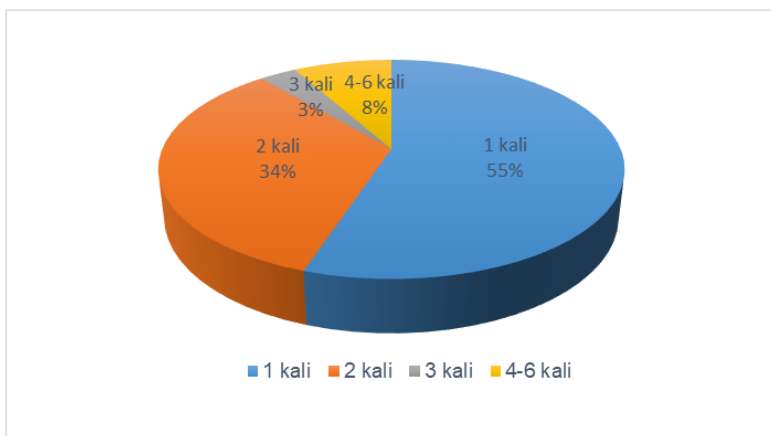
Penanganan yang paling sering dilakukan terhadap air buangan domestik yaitu dengan mengalirkan air buangan menuju selokan terbuka. Jenis penyakit dominan yang sering diderita oleh masyarakat dapat dilihat pada Gambar 5.11



Gambar 5. 11 Jenis Penyakit Masyarakat Kelurahan Tambakwedi

Jenis penyakit dengan angka paling tinggi yang dialami oleh masyarakat Kelurahan Tambakwedi adalah diabetes, kolesterol, dan darah tinggi. Penyakit diare tidak termasuk penyakit yang intens diderita, namun berkorelasi dengan kondisi sanitasi masyarakat.

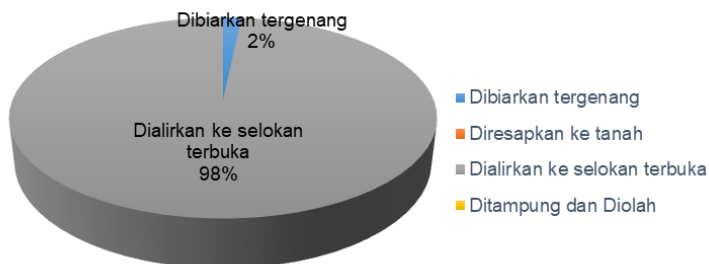
Sebanyak 55% masyarakat Tambakwedi mengalami diare setiap tahunnya sebanyak sekali. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat sudah terbiasa dengan kondisi lingkungan yang ada. Berdasarkan hasil responden yang menyatakan mengalami diare sebanyak 4-6 kali setahun, responden menyatakan bahwa diare bukan penyakit yang paling sering dialami. Hal ini menunjukkan bahwa angka penyakit lain yang diderita intensitasnya diatas 8 kali. Kuantitas penyakit diare yang dialami oleh masyarakat kelurahan Tambakwedi dapat dilihat pada Gambar 5.12



Gambar 5. 12 Jumlah Intensitas Penyakit Diare Masyarakat Kelurahan Tambakwedi

5.4 Ketersediaan Sarana Air Limbah UKM

Survei ketersediaan sarana air limbah pengolahan ikan UKM ditujukan untuk mengetahui jenis penanganan terhadap air buangan yang dihasilkan.



Gambar 5. 13 Penanganan Air Limbah Pengolahan Ikan UKM

Penanganan air limbah hasil pengolahan ikan yang paling sering dilakukan adalah dengan dialirkan ke selokan terbuka sebanyak 98%.

5.5 Aspek Sikap Masyarakat

Sikap masyarakat dapat dinilai menggunakan rumus Likert yang bertujuan sebagai skala untuk mengukur persepsi atau pendapat responden. Pengumpulan data berupa persetujuan untuk pengolahan air limbah secara komunal, kesediaan untuk mengikuti kegiatan sosialisasi air limbah, kesediaan partisipasi masyarakat untuk dilibatkan, dan kesediaan membayar retribusi IPAL Permukiman yang akan dibangun. Metode pengumpulan data dengan memilih salah satu tingkat persetujuan pilihan dari pernyataan yang tersedia. Hasil pemilihan akan dilakukan perhitungan skor sehingga didapatkan kesimpulan mengenai kesediaan masyarakat terkait pertanyaan yang diajukan.

❖ Kesediaan Masyarakat Datang Mengikuti Acara Sosialisasi Pengolahan Air Limbah

Tabel 5. 2 Perhitungan Likert Kesediaan Masyarakat Mengikuti Sosialisasi

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	0	0
Setuju	4	98	392
Netral	3	0	0
Tidak Setuju	2	0	0
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		98	392
Y			490
Rumus Indeks			80%

Langkah awal perhitungan dengan rumus Likert adalah mengumpulkan data dan bobot dari tiap poin.

Responden yang menjawab setuju (skor 4) berjumlah 98 orang.

Langkah kedua menghitung skor dengan mengalikan bobot dan jumlah dari tiap poin sebagai berikut.

Rumus: $T \times P_n$(5.1)

T = Total jumlah responden yang memilih

P_n = Pilihan angka skor Likert

Perhitungan dengan rumus diatas didapatkan hasil berikut.

1. Responden yang menjawab sangat setuju (5) = $0 \times 5 = 0$
2. Responden yang menjawab setuju (4) = $98 \times 4 = 392$
3. Responden yang menjawab netral (3) = $0 \times 3 = 0$
4. Responden yang menjawab tidak setuju (2) = $0 \times 2 = 0$
5. Responden yang menjawab sangat tidak setuju (1) = $0 \times 1 = 0$

Semua hasil dijumlahkan, total skor = 392

Hasil dari skala Likert adalah interpretasi, terlebih dahulu harus diketahui skor tertinggi (X) dan skor terendah (Y) untuk item penilaian dengan rumus sebagai berikut:

Y = skor tertinggi likert x jumlah responden

X = skor terendah likert x jumlah responden

Jumlah skor tertinggi untuk poin “Sangat Setuju” adalah $5 \times 98 = 490$. Penilaian interpretasi merupakan hasil nilai yang dihasilkan dengan menggunakan rumus Index %.

Rumus Index % = Total Skor / Y x 100.....(7.2)

Perhitungan dengan rumus index didapatkan hasil berikut

= Total skor / Y x 100

= $392 / 490 \times 100$

= 80%

Kriteria interpretasi skornya berdasarkan interval disajikan dalam Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Kriteria Interpretasi Skor Perhitungan Likert

Tabel Presentasi Nilai	Keterangan
0%-19,99%	Sangat Tidak Setuju
20%-39,99%	Tidak Setuju
40%-59,99%	Netral
60%-79,99%	Setuju
80%-100%	Sangat Setuju

Perhitungan menggunakan Likert kesediaan masyarakat mengikuti sosialisasi air limbah menghasilkan rumus indeks sebesar 80% dan berdasarkan interpretasi nilai skala Likert dikategorikan masyarakat Kelurahan Tambakwedi “Setuju” untuk bersedia datang ke acara sosialisasi tentang cara mengolah air limbah.

❖ **Kesediaan Masyarakat Mengolah Air Limbah Domestik secara Komunal**

Tabel 5. 4 Perhitungan Likert Kesediaan Masyarakat Mengolah Air Limbah secara Komunal

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	0	0
Setuju	4	98	392
Netral	3	0	0
Tidak Setuju	2	0	0
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		98	392
Y			490
Rumus Indeks			80%

Perhitungan menggunakan Likert kesediaan masyarakat mengolah air limbah domestik secara komunal menghasilkan rumus indeks sebesar 80% dan berdasarkan interpretasi nilai skala Likert dikategorikan masyarakat Kelurahan Tambakwedi “Setuju” untuk mengolah air limbah domestik secara bersama-sama (komunal).

❖ **Kesediaan Masyarakat untuk Berpartisipasi dalam Pemeliharaan Sarana dan Prasarana Pengelolaan Air Limbah**

Tabel 5. 5 Perhitungan Likert Kesediaan Partisipasi Masyarakat

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	0	0
Setuju	4	98	392
Netral	3	0	0
Tidak Setuju	2	0	0
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		98	392
Y			490
Rumus Indeks			80%

Perhitungan menggunakan Likert kesediaan masyarakat untuk berpartisipasi menghasilkan rumus indeks sebesar 80% dan berdasarkan interpretasi nilai skala Likert dikategorikan masyarakat Kelurahan Tambakwedi “Setuju” untuk berpartisipasi dalam pemeliharaan sarana dan prasarana pengelolaan air limbah.

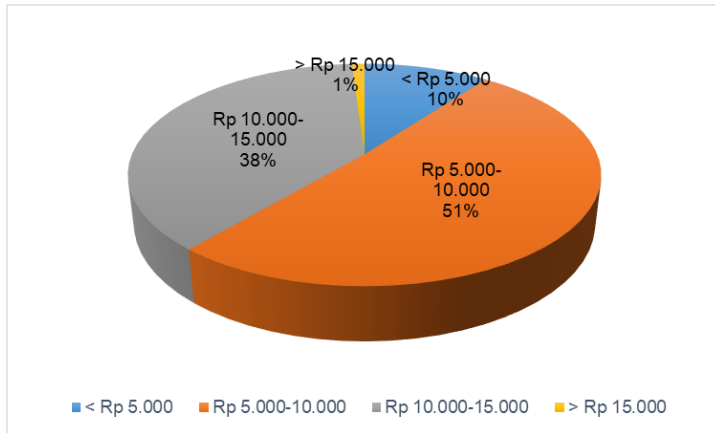
❖ **Kesediaan Masyarakat Membayar Biaya Retribusi Pengelolaan Air Limbah**

Tabel 5. 6 Perhitungan Likert Kesediaan Masyarakat Membayar Retribusi

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	0	0
Setuju	4	98	392
Netral	3	0	0
Tidak Setuju	2	0	0
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		98	392
Y			490
Rumus Indeks			80%

Perhitungan menggunakan Likert kesediaan masyarakat untuk membayar biaya retribusi pengelolaan air limbah menghasilkan

rumus indeks sebesar 80% dan berdasarkan interpretasi nilai skala Likert dikategorikan masyarakat Kelurahan Tambakwedi “Setuju” untuk membayar biaya retribusi pengelolaan air limbah.



Gambar 5. 14 Penanganan Air Limbah Domestik

Biaya retribusi untuk pengelolaan air limbah domestik yang disanggupi oleh masyarakat Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran dengan persentase tertinggi sebesar 51% setuju dengan pembayaran biaya retribusi sebesar Rp 5.000-10.000 setiap bulan.

❖ **Kesediaan UKM untuk Mengolah Air Limbah Pengolahan Ikan secara Komunal**

Tabel 5. 7 Perhitungan Likert Kesediaan UKM terhadap Air Limbah Diolah secara Komunal

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	0	0
Setuju	4	60	240
Netral	3	0	0
Tidak Setuju	2	0	0
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		60	240
Y			300
Rumus Indeks			80%

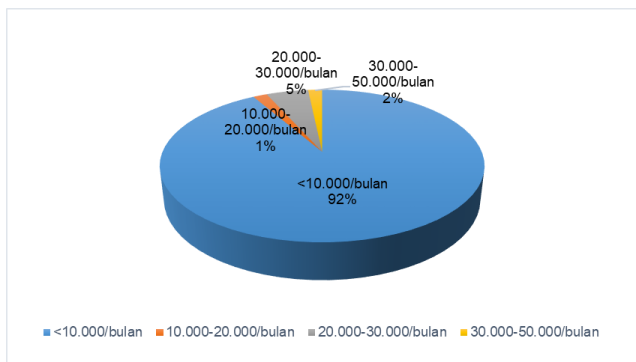
Perhitungan menggunakan Likert kesediaan UKM mengolah air limbah pengolahan ikan secara komunal menghasilkan rumus indeks sebesar 80% dan berdasarkan interpretasi nilai skala Likert dikategorikan UKM Kelurahan Tambakwedi “Setuju” untuk mengolah air limbah hasil pengolahan ikan secara bersama-sama (komunal).

❖ **Kesediaan UKM untuk Membayar Biaya Retribusi Pengelolaan Air Limbah**

Tabel 5. 8 Perhitungan Likert Kesediaan UKM Membayar Retribusi

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	0	0
Setuju	4	60	240
Netral	3	0	0
Tidak Setuju	2	0	0
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		60	240
Y			300
Rumus Indeks			80%

Perhitungan menggunakan Likert kesediaan UKM untuk membayar biaya retribusi pengelolaan air limbah menghasilkan rumus indeks sebesar 80% dan berdasarkan interpretasi nilai skala Likert dikategorikan UKM Kelurahan Tambakwedi “Setuju” untuk membayar biaya retribusi pengelolaan air limbah ikan.



Gambar 5. 15 Penanganan Air Limbah Pengolahan Ikan UKM

Biaya retribusi untuk pengelolaan air limbah pengolahan ikan yang disanggupi oleh UKM di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran dengan persentase tertinggi sebesar 92% setuju dengan pembayaran biaya retribusi dibawah Rp. 10.000 setiap bulan.

5.6 Perencanaan Sistem penyaluran Air Limbah

Perencanaan sistem penyaluran air limbah meliputi keseluruhan UKM Pengolahan Ikan dan masyarakat di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya.

5.5.1Proyeksi Penduduk

Permen PUPR No.4 Tahun 2017 menyebutkan bahwa rencana induk ditetapkan untuk jangka waktu paling sedikit 10 tahun dan dilakukan peninjauan secara berkala untuk disesuaikan dengan kondisi berkembang. Penetapan periode perencanaan berdasarkan Permen PUPR No.4 Tahun 2017 dilaksanakan jangka waktu 20 tahun. Data eksisting jumlah penduduk dapat dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5. 9 Data Penduduk dan Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Tambakwedi

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan		Rasio Pertumbuhan
			Jiwa	%	
1	2012	12893	0	0.000	0.0000
2	2013	13787	894	6.934	0.0693
3	2014	13494	-293	-2.125	-0.0213
4	2015	14328	834	6.181	0.0618
5	2016	15256	928	6.477	0.0648
Jumlah		69758	2363	17	0.1747
Rata-rata Pertumbuhan Penduduk					0.0349
Standar Deviasi					0.04235
Standar Atas Data					0.07728
Standar Bawah Data					-0.00741

Perhitungan data penduduk Kelurahan Tambakwedi menunjukkan persentase pertumbuhan penduduk dan rata-rata pertumbuhan penduduk dari tahun 2012-2016. Perhitungan proyeksi penduduk terdiri dari tiga metode, yaitu metode aritmatika, geometrik, dan *least square*.

Langkah awal perhitungan dengan mencari nilai korelasi untuk mendapatkan metode terpilih yang akan digunakan pada proses perencanaan. Nilai korelasi pada metode dipilih diambil dengan angka yang mendekati 1. Perhitungan masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, dan Tabel 5.12.

Tabel 5. 10 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Aritmatika

METODE ARITMATIKA							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (selisih tahun data setiap tahun)	y (selisih total data tiap tahun)	XY	X ²	Y ²	r (Koefisien Korelasi)
2011	11899	0	0	0	0	0	0.28527
2012	12893	1	994	994	1	988036	
2013	13787	2	894	1788	4	799236	
2014	13494	3	-293	-879	9	85849	
2015	14328	4	834	3336	16	695556	
2016	15256	5	928	4640	25	861184	
Jumlah	81657	15	3357	9879	55	3429861	

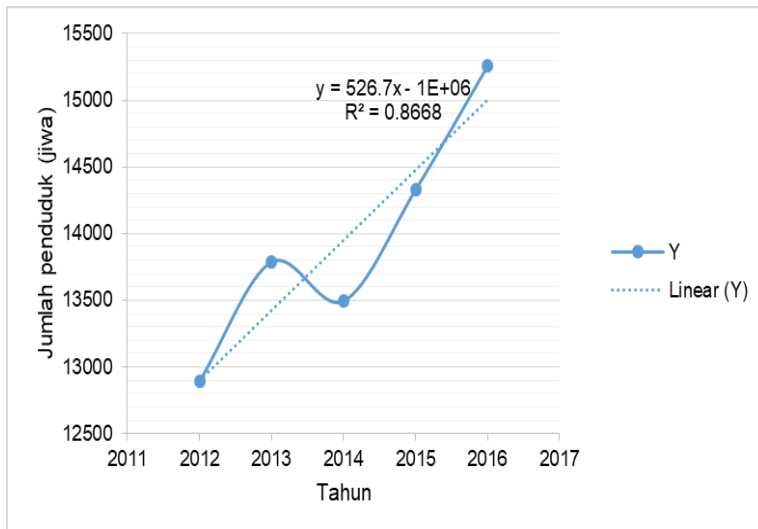
Tabel 5. 11 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Geometrik

METODE GEOMETRIK							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (urutan data, mulai dari 1)	y (Jumlah Penduduk tiap Tahun dalam Ln)	XY	X ²	Y ²	r (Koefisien Korelasi)
2011	11899	1	9.384	9.384	1	88.063	0.96000
2012	12893	2	9.464	18.929	4	89.576	
2013	13787	3	9.531	28.594	9	90.849	
2014	13494	4	9.510	38.040	16	90.440	
2015	14328	5	9.570	47.850	25	91.584	
2016	15256	6	9.633	57.796	36	92.789	
Jumlah	81657	21	57	201	91	543.302	

Tabel 5. 12 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Least Square

METODE LEAST SQUARE							
Tahun	Jumlah Penduduk	X (urutan data, mulai dari 1)	Y (Jumlah Penduduk tiap Tahun)	XY	X ²	Y ²	r (Koefisien Korelasi)
2011	11899	1	11899	11899	1	141586201	0.95951
2012	12893	2	12893	25786	4	166229449	
2013	13787	3	13787	41361	9	190081369	
2014	13494	4	13494	53976	16	182088036	
2015	14328	5	14328	71640	25	205291584	
2016	15256	6	15256	91536	36	232745536	
Jumlah	81657	21	81657	296198	91	1118022175	

Hasil perhitungan nilai korelasi dengan metode aritmatika, geometrik dan *least square* menunjukkan bahwa nilai korelasi yang mendekati angka 1 adalah perhitungan dengan metode geometrik. Perencanaan ini menggunakan metode geometrik dengan persamaan garis liniernya dapat dilihat pada Gambar 5.16



Gambar 5. 16 Persamaan Garis Linier Metode Geometrik

Persamaan garis linier digunakan sebagai acuan untuk menghitung rumus proyeksi penduduk.

Proyeksi penduduk Kelurahan Tambakwedi menggunakan metode geometrik yang dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$P_n = P_0 \times (1+r)^n \dots\dots\dots(5.3)$$

Hasil perhitungan proyeksi penduduk dapat dilihat pada Tabel 5.13

Tabel 5. 13 Hasil Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Tambakwedi

Tahun	Jumlah penduduk
2019	16912
2020	17503
2021	18115
2022	18748
2023	19403
2024	20081
2025	20783
2026	21509
2027	22261
2028	23039
2029	23844
2030	24677
2031	25540
2032	26433
2033	27357
2034	28313
2035	29303
2036	30327
2037	31387
2038	32484
2039	33619
2040	34794

Jumlah penduduk yang terlayani pipa SPAL pada tahun 2016 sebesar 3.164. Hasil proyeksi pelayanan penduduk hingga akhir tahun dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Hasil Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Tambakwedi

Tahun	Jumlah Terlayani
2016	3164
2017	3275
2018	3390
2019	3509
2020	3632
2021	3759
2022	3891
2023	4027
2024	4168
2025	4314
2026	4465
2027	4621
2028	4783
2029	4951
2030	5124
2031	5303
2032	5489
2033	5681
2034	5880
2035	6086
2036	6299
2037	6520
2038	6748
2039	6984
2040	7228

5.5.2 Alternatif Sistem Penyaluran Air Limbah

Kelurahan Tambakwedi dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi sesuai untuk diterapkan perpipaan jenis *shallow sewer*. Kombinasi pengolahan air buangan pengolahan ikan dan domestik dapat memanfaatkan konsep *shallow sewer* dengan mempertimbangkan kecepatan untuk penggelontoran. Perpipaan mempertimbangkan kondisi masyarakat yang tidak memiliki halaman sehingga tidak memungkinkan dilakukan pembuatan bak *interceptor*. Sistem penyaluran dapat diterapkan pada kemiringan tanah dengan muka air tanah di wilayah Kelurahan Tambakwedi dalam rentang 1,5-2 m. Masyarakat Kelurahan Tambakwedi yang telah menggunakan tangki septik sebanyak 54%. Sistem ini melayani air limbah domestik dan air limbah hasil pengolahan ikan.

5.5.3 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah didapatkan dari kebutuhan air bersih masyarakat Kelurahan Tambakwedi. Penentuan jumlah responden menggunakan Rumus Slovin dengan galat 10%. Kelurahan Tambakwedi memiliki penduduk sebesar 15.256 jiwa dengan rata-rata anggota keluarga 3,55 jiwa/KK. Perhitungan jumlah KK yang akan dilakukan pengambilan sampel sebagai berikut.

- Total jumlah KK di Kelurahan Tambakwedi (N)
$$= \frac{15.256 \text{ jiwa}}{3,55 \text{ jiwa/KK}} = 4297,465 \text{ KK} \approx 4298 \text{ KK}$$
- Jumlah KK yang dihitung dengan Rumus Slovin
$$= \eta = \frac{N}{1+Ne^2} = \frac{4298}{1+4298(0.1)^2} = 97,73 \text{ KK} \approx 98 \text{ KK}$$

Berdasarkan perhitungan jumlah responden dengan Rumus Slovin, maka didapatkan jumlah responden sebanyak 98 KK. Pengambilan data kebutuhan air bersih dilakukan dengan metode wawancara terhadap masyarakat Kelurahan Tambakwedi. Perhitungan debit air limbah sebanyak 70% dari debit pemakaian air bersih. Data pemakaian air bersih berdasarkan hasil survei wawancara dapat dilihat pada Tabel 5.14

Tabel 5. 15 Data Pemakaian Air Bersih Masyarakat Kelurahan Tambakwedi

NO	NAMA	NAMA KEPALA KELUARGA	JUMLAH ANGGOTA KK	DEBIT AIR BERSIH (M3/BULAN)	DEBIT AIR BERSIH (L/HARI)	DEBIT AIR BERSIH (L/ORG.HARI)
1	Lamsika	Asmoala	6	12.5	416.667	104.167
2	Surya	Surya	1	7	233.333	233.333
3	Robiah	Robiah	1	6.5	216.667	216.667
4	Umiaton	Juidi	5	10	333.333	111.111
5	Siti Farida	Supamo	4	10	333.333	111.111
6	Kariani	Kariani	3	15.5	516.667	172.222
7	Sumartini	Saji	4	16	533.333	133.333
8	Muntiani	Ropu	6	17.5	583.333	116.667
9	Agus Jawati	Mustofa	3	13.5	450.000	150.000
10	Aton	Tumen	8	15	500.000	125.000
11	Ase	Ase	6	14.5	483.333	120.833
12	Rahma	Rahma	1	8.5	283.333	283.333
13	Kaswati	Kaswati	1	6.5	216.667	216.667
14	Amaro	Selamet	3	9	300.000	100.000
15	Samia	Salim	5	14	466.667	93.333
16	Sri Wahyuni	Mahlum	5	15	500.000	100.000
17	Anik	Waridi	6	14	466.667	116.667
18	Mardiya	Matsulkan	8	15	500.000	166.667
19	Lasiyun	Haini	5	14.5	483.333	120.833
20	Asiya	Samsu'ud	4	14.5	483.333	120.833
21	Sulimah	Juwanto	5	15	500.000	100.000
22	Sinab	Sinab	1	7	233.333	233.333
23	Nasiati	Nasiati	1	6.5	216.667	216.667
24	Semi	Semi	2	11	366.667	183.333
25	Zenab	Zenab	3	11.5	383.333	127.778
26	Hanipah	Jumaan	3	12.5	416.667	138.889
27	Lasiyem	Rustam	3	9.5	316.667	105.556
28	Patemi	Patemi	3	9	300.000	100.000
29	Naimah	Naimah	6	10	333.333	111.111
30	Nurul	Mursalim	6	10	333.333	111.111
31	Alaina	Samsuri	6	15	500.000	166.667
32	Farida Triani	Toha	5	14.5	483.333	120.833
33	Surya	Surya	2	11	366.667	183.333
34	Juhriya	Juhriya	4	15	500.000	125.000
35	Maryati	Maryati	3	14.5	483.333	161.111
36	Umiatun	Suwandi	6	15	500.000	100.000
37	Munika	Mujiono	3	10	333.333	111.111
38	Riamah	Riamah	6	23	766.667	127.778
39	Siti Nur	Taufik	5	9.5	316.667	105.556

Tabel 5. 16 Lanjutan...

NO	NAMA	NAMA KEPALA KELUARGA	JUMLAH ANGGOTA KK	DEBIT AIR BERSIH (M3/BULAN)	DEBIT AIR BERSIH (L/HARI)	DEBIT AIR BERSIH (L/ORG.HARI)
40	Hatik	Hatik	3	9	300.000	100.000
41	Lilik	Moh Ali	4	10	333.333	111.111
42	Indakum	Hasan	3	10	333.333	111.111
43	Siti	Romlan	3	9.2	306.667	102.222
44	Dumyati	Rahmad	5	9	300.000	100.000
45	Sa'ada	Sugeng	3	9.5	316.667	105.556
46	Suhaimah	Suhaimah	5	9	300.000	150.000
47	Djariyah	Asmuri	6	10	333.333	111.111
48	Nur Holida	Nur Holida	5	10	333.333	111.111
49	Indahwati	Selamet	4	10	333.333	166.667
50	Kemi	Sa'i	7	9	300.000	100.000
51	Atun	Moh Hotip	5	10	333.333	111.111
52	Rista	Efendi	4	10	333.333	111.111
53	Siti Mutmainah	Agus	5	20	666.667	133.333
54	Matuki	Matuki	6	18	600.000	100.000
55	Nurhasanah	Teja	5	20	666.667	133.333
56	Soba	Soba	3	10.5	350.000	116.667
57	Sarokan	Sarokan	3	9	300.000	100.000
58	Almik	Epi	5	13.75	458.333	114.583
59	Halimah	Roro	3	12	400.000	133.333
60	Hidayat	Hidayat	3	13.5	450.000	150.000
61	Martono	Martono	1	5	166.667	166.667
62	Liso	Liso	1	6.5	216.667	216.667
63	Mahmudah	Juidi	5	17.5	583.333	116.667
64	Istini	Mardi	4	15	500.000	125.000
65	Miatun	Miatun	1	5	166.667	166.667
66	Yuyun	Samsul	3	14.5	483.333	161.111
67	Sumi	Dedi	5	20	666.667	133.333
68	Erni	Iman	3	12	400.000	133.333
69	Faridah	Jajang	8	25	833.333	104.167
70	Amini	Amini	6	18	600.000	100.000
71	Nani	Nani	1	4	133.333	133.333
72	Maryono	Maryono	2	10	333.333	166.667
73	Sablah	Sablah	3	10	333.333	111.111
74	Mashudi	Mashudi	3	12	400.000	133.333
75	Mila	Yanto	3	11.5	383.333	127.778
76	Jumiati	Bambang	8	27	900.000	112.500
77	Baseno	Baseno	6	25	833.333	138.889
78	Siswo	Siswo	1	5.5	183.333	183.333
79	Susi	Joko	1	4.5	150.000	150.000
80	Gunarto	Gunarto	3	11.5	383.333	127.778

Tabel 5. 17 Lanjutan...

NO	NAMA	NAMA KEPALA KELUARGA	JUMLAH ANGGOTA KK	DEBIT AIR BERSIH (M3/BULAN)	DEBIT AIR BERSIH (L/HARI)	DEBIT AIR BERSIH (L/ORG.HARI)
81	Patmawati	Muji	6	18.75	625.000	104.167
82	Etik	Imam	1	5	166.667	166.667
83	Kasiati	Didik	3	14.5	483.333	161.111
84	Endang	Bayu	4	15.5	516.667	129.167
85	Yuni	Apin	3	13	433.333	144.444
86	Anik	Ujo	3	10.5	350.000	116.667
87	Haryadi	Haryadi	8	26.5	883.333	110.417
88	Ma'sum	Bahri	6	19.5	650.000	108.333
89	Sanusi	Sanusi	4	13.5	450.000	112.500
90	Suliono	Suliono	3	12	400.000	133.333
91	Rahmawati	Huda	4	13	433.333	108.333
92	Setio	Setio	6	25	833.333	138.889
93	Meme	Agus	5	16.5	550.000	110.000
94	Eno	Paji	2	10	333.333	166.667
95	Budi	Budi	3	10	333.333	111.111
96	Lena	Lena	6	22	733.333	122.222
97	Naha	Naha	3	12	400.000	133.333
98	Sumini	Sumini	4	14	466.667	116.667
RATA-RATA PEMAKAIAN AIR						133.844
RATA-RATA AIR LIMBAH						93.690

Jumlah pemakaian debit air bersih rata-rata sebesar 138,027 L/orang.hari. Jumlah debit air limbah domestik sebanyak 93,69 L/orang.hari. Hasil perhitungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q \text{ rata-rata domestik} &= Q \text{ rata-rata air bersih} \times 80\% \\
 &= 93,69 \text{ L/orang.hari} \times 80\% \\
 &= 74,95 \text{ L/orang.hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ domestik} &= Q \text{ rata-rata domestik} \times \text{jumlah penduduk} \\
 &= 74,95 \text{ L/orang.hari} \times 7.228 \text{ orang} \\
 &= 541,74 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Pengukuran debit air limbah cuci ikan didapatkan berupa data primer dari pengukuran volume bak. Pengukuran volume air dilakukan berdasarkan rentang jumlah bahan baku ikan. Jumlah debit dengan bahan baku kurang dari 10 kg dapat dilihat pada Tabel 5.18. Jumlah debit dengan bahan baku rentang 10-15 kg dapat dilihat pada Tabel 5.19. Jumlah debit dengan bahan baku rentang 15-30 kg dapat dilihat pada Tabel 5.20. Jumlah debit dengan bahan baku rentang 30-50 kg dapat dilihat pada Tabel 5.21. Jumlah debit dengan bahan baku rentang 50-60 kg dapat dilihat pada Tabel 5.22. Total debit air limbah cuci ikan dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5. 18 Produksi Air Limbah <10 kg

No	Kegiatan	Ukuran Bak	Jumlah Bak	Volume (liter)
1	Pencucian Ikan	100 x 60 x 50 cm	1	300
2	Perendaman Ikan	Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
3	Pencucian Alat	Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
4	Pembersihan Lantai produksi	60 liter	2	60
Volume Limbah per UKM				581
Jumlah UKM				22
Volume Total				12783

Tabel 5. 19 Produksi Air Limbah 10-15 kg

No	Kegiatan	Ukuran Bak	Jumlah Bak	Volume (liter)
1	Pencucian Ikan	100 x 60 x 50 cm	1	300
		Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
2	Perendaman Ikan	Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
3	Pencucian Alat	Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
4	Pembersihan Lantai produksi	60 liter	2	60
Volume Limbah per UKM				692
Jumlah UKM				1
Volume Total				692

Tabel 5. 20 Produksi Air Limbah 15-30 kg

No	Kegiatan	Ukuran Bak	Jumlah Bak	Volume (liter)
1	Pencucian Ikan	100 x 60 x 50 cm	2	600
2	Perendaman Ikan	Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
3	Pencucian Alat	Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
4	Pembersihan Lantai produksi	60 liter	2	60
Volume Limbah per UKM				881
Jumlah UKM				3
Volume Total				2643

Tabel 5. 21 Produksi Air Limbah 30-50 kg

No	Kegiatan	Ukuran Bak	Jumlah Bak	Volume (liter)
1	Pencucian Ikan	100 x 60 x 50 cm	2	600
2	Perendaman Ikan	100 x 60 x 50 m	1	300
		Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
3	Pencucian Alat	Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
4	Pembersihan Lantai produksi	60 liter	2	60
Volume Limbah per UKM				1181
Jumlah UKM				9
Volume Total				10630

Tabel 5. 22 Produksi Air Limbah 50-60 kg

No	Kegiatan	Ukuran Bak	Jumlah Bak	Volume (liter)
1	Pencucian Ikan	100 x 60 x 50 cm	3	900
2	Perendaman Ikan	100 x 60 x 50 m	1	300
		Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
3	Pencucian Alat	Diameter 80 cm, Tinggi 22 cm	1	111
4	Pembersihan Lantai produksi	60 liter	2	60
Volume Limbah per UKM				1481
Jumlah UKM				25
Volume Total				37026

Tabel 5. 23 Total Produksi Air Limbah Cuci Ikan

No	Jumlah Bahan Baku	Volume per UKM	Jumlah UKM	Volume Air Limbah (Liter)
1	<10 kg	581	22	12783.232
2	10-15kg	692	1	691.584
3	15-30 kg	881	3	2643.168
4	30-50 kg	1181	9	10629.504
5	50-60 kg	1481	25	37026.4
Total			60	63773.888

Air limbah yang disalurkan melalui SPAL merupakan gabungan air limbah domestik dan air limbah hasil cuci ikan. Berdasarkan hasil pengukuran, debit air limbah pengolahan ikan didapatkan sebesar 63,773 m³/hari. Perhitungan debit gabungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total} &= Q \text{ domestic non kakus} + Q \text{ air limbah ikan} \\
 &= 541,74 \text{ m}^3/\text{hari} + 63,773 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 605,53 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit total air limbah digunakan untuk menghitung debit air limbah puncak. Debit air limbah puncak dihitung berdasarkan faktor puncak pengaliran air. Perhitungan menggunakan jumlah penduduk pada tahun terakhir pelayanan perencanaan untuk menentukan faktor puncaknya. Jumlah penduduk Tahun 2040 yang terlayani oleh perencanaan sistem penyaluran air limbah sebanyak 28964 jiwa.

Faktor puncak pada pelayanan Kelurahan Tambakwedi menggunakan perhitungan faktor puncak dari total debit air limbah rata-rata yang dikeluarkan setiap hari. Faktor puncak pada setiap pipa memiliki nilai yang sama supaya debit air limbah yang masuk ke IPAL sama.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor puncak (Fp)} &= \frac{18+(P)^{0,5}}{4+(P)^{0,5}} \\
 &= \frac{18+(7,228)^{0,5}}{4+(7,228)^{0,5}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3,09 \\
 Q \text{ peak} &= Q \times F_{\text{peak}} \\
 &= 605,513 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3,09 \\
 &= 1871 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 Q \text{ min} &= 0,2 \times \left(\frac{P}{1000} \right)^{0,2} \times Q \\
 &= 0,2 \times \left(\frac{7228}{1000} \right)^{0,2} \times 605,513 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 179,87 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

5.5.4 Pembebanan SPAL

Perencanaan sistem penyaluran air limbah jenis *shallow sewer* terlayani atas pembagian beberapa pipa primer, sekunder, dan tersier untuk memudahkan pelayanan jaringan perpipaan. Pelayanan dibuat berdasarkan kepadatan penduduk, kontur, batasan jalan, dan masyarakat yang terdampak dari proses pembangunan jalur SPAL untuk didapatkan wilayah yang akan terlayani. Proyeksi pada Kelurahan Tambakwedi dibuat satu zona karena proyeksi mengacu pada kondisi eksisting terbaru wilayah yang dijadikan kawasan pemukiman. Pembebanan pipa blok 1 dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25. Pembebanan pipa blok 2 dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan Tabel 5.27. Pembebanan pipa blok 3 dapat dilihat pada Tabel 5.28 dan Tabel 5.29.

Tabel 5. 24 Pembebanan Blok 1

No	Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Medan		Jumlah Rumah	Jumlah Penduduk Terlayani	Qrata-rata (m3/hari)	Fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
			Awal	Akhir						
BLOK 1										
1	B1f-A	Tersier	3.109	3.051	9	35	2.623	3.09	8.114	0.268
2	B1d-B1a	Tersier	3.027	3.106	18	69	5.172	3.09	15.996	0.606
3	B1b-B1a	Tersier	2.825	3.106	5	17	1.274	3.09	3.941	0.113
4	A-B1a	Sekunder	3.051	3.106	33	130	18.813	3.09	86.239	3.489
5	B1a-B	Sekunder	3.106	3.106	7	26	20.762	3.09	150.455	5.490
6	B-C	Primer	3.106	2.719	0	0	20.762	3.09	150.455	5.490
7	C1-C	Sekunder	3.036	2.719	107	425	31.855	3.09	98.526	5.369
8	C2-C	Sekunder	3.048	2.719	37	147	11.018	3.09	34.078	1.502
9	C-D	Primer	2.719	3.103	0	0	63.635	3.09	283.059	12.361
10	D1b-D1a	Tersier	2.779	2.771	7	26	1.949	3.09	6.027	0.188
11	D2c-D2a	Tersier	3.400	2.735	13	52	3.898	3.09	12.055	0.432
12	D2g-D2e	Tersier	3.066	3.091	16	61	4.572	3.09	14.141	0.523
13	D1-D1a	Sekunder	2.765	2.771	94	373	166.957	3.09	548.618	28.556
14	D1a-D	Sekunder	2.771	3.103	13	52	170.855	3.09	1077.067	47.474
15	D2-D2a	Sekunder	3.353	2.735	18	69	5.172	3.09	15.996	0.606
16	D2a-D2e	Sekunder	2.735	3.091	3	9	5.846	3.09	34.078	1.062
17	D2e-D	Sekunder	3.091	3.103	7	26	7.795	3.09	58.188	1.813
18	D-E	Primer	2.7706	3.0693	0	0	242.284	3.09	1418.314	61.647

Tabel 5. 25 Lanjutan

No	Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Medan		Jumlah Rumah	Jumlah Penduduk Terlayani	Qrata-rata (m3/hari)	Fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
			Awal	Akhir						
BLOK 1										
19	E1b-E1a	Tersier	3.048	3.045	7	26	1.949	3.09	6.027	0.188
20	E1-E1a	Sekunder	2.426	3.045	87	347	27.957	3.09	92.498	4.713
21	E1a-E	Sekunder	3.045	3.069	3	9	28.632	3.09	181.056	6.945
22	E-F	Primer	3.069	3.072	0	0	270.916	3.09	1599.370	68.592
23	F1-F	Sekunder	1.842	3.072	109	433	32.454	3.09	100.380	5.490
24	F3c-F3	Tersier	2.134	2.134	18	69	5.172	3.09	15.996	0.606
25	F4-F3	Sekunder	2.134	2.134	9	35	7.795	3.09	40.106	1.403
26	F3b-F3a	Tersier	3.060	3.066	26	104	7.795	3.09	24.110	0.991
27	F3-F3a	Sekunder	2.134	3.066	9	35	18.213	3.09	120.549	4.258
28	F3a-F2	Sekunder	3.066	3.048	11	43	21.436	3.09	186.851	6.543
29	F2e-F2a	Tersier	2.969	3.060	16	61	4.572	3.09	14.141	0.523
30	F2c-F2a	Tersier	3.393	3.060	20	78	5.846	3.09	18.082	0.702
31	F2i-F2f	Tersier	3.072	3.066	13	52	3.898	3.09	12.055	0.432
32	F2-F2a	Sekunder	3.066	3.060	7	26	34.478	3.09	271.468	9.237
33	F2a-F2f	Sekunder	3.060	3.057	0	0	34.478	3.09	378.108	9.237
34	F2f-F	Sekunder	3.057	3.072	9	35	37.101	3.09	492.861	13.032
35	F-G	Primer	3.0724	3.2992	0	0	340.472	3.09	2192.612	87.115

Tabel 5. 26 Pembebanan Blok 2

No	Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Medan		Jumlah Rumah	Jumlah Penduduk Terlayani	Qrata-rata (m3/hari)	Fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
			Awal	Akhir						
BLOK 2										
1	G1c-G1a	Tersier	2.724	2.969	18	69	5.172	3.09	15.996	0.606
2	G1-G1a	Sekunder	1.211	2.969	96	381	33.729	3.09	120.318	6.168
3	G1a-G	Sekunder	2.969	3.299	39	156	45.421	3.09	260.804	12.433
4	G-H	Primer	3.299	3.008	0	0	385.893	3.09	2453.416	99.548
5	H2g-H2e	Tersier	1.497	1.774	11	43	3.223	3.09	9.969	0.344
6	H2d-H2c	Tersier	2.460	2.424	11	43	3.223	3.09	9.969	0.344
7	H2b-H2a	Tersier	2.749	2.740	13	52	3.898	3.09	12.055	0.432
8	H1-H2e	Sekunder	1.219	1.774	63	251	29.156	3.09	122.172	5.541
9	H2e-H2c	Sekunder	1.774	2.424	7	26	31.105	3.09	218.380	8.540
10	H2c-H2a	Sekunder	2.424	2.740	26	104	38.900	3.09	338.697	13.487
11	H2a-H	Sekunder	2.740	3.008	9	35	41.524	3.09	467.129	17.735
12	H-H2	Primer	3.008	2.438	0	0	427.417	3.09	2920.544	117.282
13	H4-H3	Sekunder	3.962	3.360	24	95	7.120	3.09	22.023	0.889
14	H3b-H3a	Tersier	3.021	2.798	7	26	1.949	3.09	6.027	0.188
15	H3-H3a	Sekunder	3.360	2.798	22	87	15.590	3.09	76.271	2.991
16	H3a-H2	Sekunder	2.798	2.438	5	17	16.864	3.09	128.431	4.484
17	H2-l	Primer	1.774	1.829	0	0	485.805	3.09	3516.104	139.501

Tabel 5. 27 Lanjutan

No	Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Medan		Jumlah Rumah	Jumlah Penduduk Terlayani	Qrata-rata (m3/hari)	Fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
			Awal	Akhir						
BLOK 2										
18	I-J	Primer	1.829	2.691	0	0	485.805	3.09	3516.104	139.501
19	J1c-J1a	Tersier	2.429	2.397	16	61	4.572	3.09	14.141	0.523
20	J1-J	Sekunder	1.843	2.691	150	598	49.394	3.09	166.914	9.436
21	J-K	Primer	2.691	2.438	0	0	535.198	3.09	3683.019	148.937
22	K1-K	Sekunder	1.829	2.438	68	269	20.162	3.09	62.361	3.101
23	K-K2	Primer	2.438	2.688	0	0	555.360	3.09	3745.380	152.038
24	K3c-K3a	Tersier	3.688	2.688	16	61	4.572	3.09	14.141	0.523
25	K3d-K3a	Tersier	2.782	2.688	11	43	3.223	3.09	9.969	0.344
26	K3-K3a	Sekunder	3.380	2.688	9	35	10.418	3.09	56.334	1.932
27	K3a-K2	Sekunder	2.688	3.048	7	26	12.367	3.09	94.585	3.124
28	K2-L	Primer	2.438	2.438	0	0	567.728	3.09	3839.965	155.162
29	L-M	Primer	2.438	3.039	0	0	567.728	3.09	3839.965	155.162
30	M1b-M1a	Tersier	3.048	3.039	7	26	1.949	3.09	6.027	0.188
31	M1-M1a	Sekunder	3.048	3.039	59	234	19.488	3.09	66.302	3.103
32	M1a-M	Sekunder	3.039	3.039	3	9	20.162	3.09	128.663	4.675
33	M-N	Primer	3.039	3.048	0	0	587.890	3.09	3968.628	159.83645

Tabel 5. 28 Pembebanan Blok 3

No	Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Medan		Jumlah Rumah	Jumlah Penduduk Terlayani	Qrata-rata (m3/hari)	Fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
			Awal	Akhir						
BLOK 3										
1	N1b-N1a	Tersier	2.716	2.787	13	52	3.898	3.09	12.055	0.432
2	N1d-N1c	Tersier	3.048	2.836	5	17	1.274	3.09	3.941	0.113
3	N1-N1a	Sekunder	2.438	2.743	44	173	18.138	3.09	72.098	3.098
4	N1a-N1c	Sekunder	2.743	2.836	35	139	28.557	3.09	160.423	6.947
5	N1c-N	Sekunder	2.836	3.048	11	43	31.780	3.09	258.717	10.335
6	N-O	Primer	2.743	3.033	0	0	619.670	3.09	4227.345	170.171
7	O1-O2	Sekunder	2.134	2.134	26	104	7.795	3.09	24.110	0.991
8	O2-O3	Sekunder	2.134	2.134	0	0	7.795	3.09	24.110	0.991
9	O3b-O3a	Tersier	2.438	3.033	9	35	2.623	3.09	8.114	0.268
10	O3-O3a	Sekunder	2.134	3.033	16	61	14.990	3.09	78.589	2.973
11	O3a-O	Sekunder	3.033	3.033	16	61	19.563	3.09	139.095	5.210
12	O-P	Primer	3.033	1.829	0	0	639.232	3.09	4366.441	175.381
13	P1-P	Sekunder	1.829	1.829	50	199	14.916	3.09	46.133	2.160
14	P-P2	Primer	1.829	3.292	0	0	654.148	3.09	4412.574	177.541
15	P3c-P3a	Tersier	3.091	3.650	7	26	1.949	3.09	6.027	0.188
16	P3g-P3d	Tersier	3.109	3.410	26	104	7.795	3.09	24.110	0.991
17	P3-P3a	Sekunder	4.010	3.650	16	61	14.316	3.09	74.416	2.816
18	P3a-P3d	Sekunder	3.650	3.410	9	35	16.939	3.09	126.809	4.549
19	P3d-P2	Sekunder	3.410	3.292	5	17	18.213	3.09	183.142	6.161
20	P2-Q	Primer	3.292	3.048	0	0	672.361	3.09	4595.716	183.702

Tabel 5. 29 Lanjutan

No	Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Medan		Jumlah Rumah	Jumlah Penduduk Terlayani	Qrata-rata (m3/hari)	Fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
			Awal	Akhir						
BLOK 3										
21	Q1b-Q1a	Tersier	1.829	1.843	5	17	1.274	3.09	3.941	0.113
22	Q1d-Q1a	Tersier	2.102	1.843	9	35	2.623	3.09	8.114	0.268
23	Q1g-Q1f	Tersier	2.149	1.878	9	35	2.623	3.09	8.114	0.268
24	Q1j-Q1h	Tersier	2.112	2.402	16	61	4.572	3.09	14.141	0.523
25	Q1m-Q1k	Tersier	2.787	2.743	5	17	1.274	3.09	3.941	0.113
26	Q1n-Q1k	Tersier	2.702	2.743	3	9	0.675	3.09	2.086	0.053
27	Q1-Q1a	Sekunder	1.504	1.829	5	17	14.316	3.09	84.616	2.605
28	Q1a-Q1f	Sekunder	1.829	1.878	0	0	14.316	3.09	128.895	2.605
29	Q1f-Q1h	Sekunder	1.878	2.402	9	35	16.939	3.09	181.288	4.338
30	Q1h-Q1k	Sekunder	2.402	2.743	16	61	21.511	3.09	247.822	6.797
31	Q1k-Q	Sekunder	2.743	3.048	3	9	22.186	3.09	316.442	8.526
32	Q-R	Primer	3.048	3.272	0	0	694.547	3.09	4912.158	192.228
33	R1e-R1c	Tersier	3.370	3.356	16	61	4.572	3.09	14.141	0.523
34	R1b-R1a	Tersier	3.380	3.363	16	61	4.572	3.09	14.141	0.523
35	R1-R1c	Sekunder	3.353	3.356	7	26	11.093	3.09	62.593	2.115
36	R1c-R1a	Sekunder	3.356	3.363	5	17	12.367	3.09	100.844	3.209
37	R1a-R	Sekunder	3.363	3.272	7	26	14.316	3.09	145.123	4.589
38	R-S	Primer	3.272	1.829	0	0	708.863	3.09	7249.775	196.818
39	S-IPAL	Primer	1.829	1.524	0	0	708.863	3.09	7249.775	196.818

5.5.5 Dimensi Pipa Air Limbah

Perhitungan dimensi pipa air limbah dilakukan berdasarkan hasil perhitungan pembebanan setiap jalur pipa dan dipengaruhi oleh perhitungan debit rata-rata, minimal, dan puncak dari pelayanan. Perhitungan dimensi sebagai berikut.

- Jalur B1f-A (pipa tersier)

Diketahui:

- Panjang pipa	= 49,7 m
- Elevasi medan awal	= 3,109
- Elevasi medan akhir	= 3,051
- Qrata-rata	= 2,623 m ³ /hari
- Qpuncak	= 8,114 m ³ /hari
- Qminimum	= 0,268 m ³ /hari
- Direncanakan v minimum	= 0,6 m/s

Perhitungan:

1. Menentukan nilai d/D sebesar 0,8 untuk mendapatkan nilai Q_{peak}/Q_{full}. Nilai d/D kemudian diplotkan pada grafik *Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section* sehingga didapatkan nilai Q_{peak}/Q_{full} sebesar 0,975.
2. Menghitung nilai Q_{full} dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{Q_{peak}}{\frac{Q_{peak}}{Q_{full}}} = \frac{8,114}{0,975} = 8,322 \text{ m}^3/\text{hari}$$

3. Menghitung luas penampang basah pipa dengan menggunakan persamaan berikut.

$$A = \frac{Q_{full}}{v_{minimum}} = \frac{8,322}{86400 \times 0,6} = 0,0002 \text{ m}^2$$

4. Menghitung diameter pipa dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} D &= ((Q_{full} \times n) / (0,3117 \times S^{0,5}))^{0,375} \\ &= ((8,322 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,012) / (0,3117 \times 0,01^{0,5}))^{0,375} \\ &= 25,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter pipa disesuaikan dengan ketersediaan diameter pipa pasaran sebesar 110 mm. Perhitungan dimensi pipa dapat dilihat pada Tabel 5.30 sampai Tabel 5.35.

Tabel 5. 30 Perhitungan Dimensi Pipa Blok 1

No	Pipa	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)	Vmin (m/s)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m3/hari)	n	A (m2)	D hitung (mm)	D pasar (mm)	A baru (m2)	Slope Rencana	Qfull (m3/s)	V full	Qmin/ Qfull	dmin/ D	Vmin/ Vfull	Vmin cek (m/s)	Q gelontor (m3)
BLOK 1																				
1	B1f-A	8.114	0.268	0.6	0.8	0.975	8.322	0.012	0.0002	25.885	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.001	0.032	0.360	0.173	0.047
2	B1d-B1a	15.996	0.606	0.6	0.8	0.975	16.406	0.012	0.0003	33.388	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.002	0.043	0.420	0.202	0.133
3	B1b-B1a	3.941	0.113	0.6	0.8	0.975	4.042	0.012	0.0001	14.601	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.032	0.360	0.386	0.014
4	A-B1a	86.239	3.489	0.6	0.8	0.975	88.450	0.012	0.0017	62.802	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.009	0.045	0.420	0.202	0.265
5	B1a-B	150.455	5.490	0.6	0.8	0.975	154.313	0.012	0.0030	77.377	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.014	0.120	0.480	0.230	0.039
6	B-C	150.455	5.490	0.6	0.8	0.975	154.313	0.012	0.0030	77.377	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.014	0.045	0.420	0.202	0.040
7	C1-C	98.526	5.369	0.6	0.8	0.975	101.052	0.012	0.0019	75.181	110	0.009	0.002	0.003	0.339	0.019	0.120	0.480	0.163	0.499
8	C2-C	34.078	1.502	0.6	0.8	0.975	34.952	0.012	0.0007	38.933	110	0.009	0.008	0.006	0.679	0.003	0.045	0.420	0.285	0.129
9	C-D	283.059	12.361	0.6	0.8	0.975	290.317	0.012	0.0056	98.071	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.031	0.130	0.480	0.230	0.038
10	D1b-D1a	6.027	0.188	0.6	0.8	0.975	6.182	0.012	0.0001	23.155	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.000	0.032	0.360	0.173	0.021
11	D2c-D2a	12.055	0.432	0.6	0.8	0.975	12.364	0.012	0.0002	34.195	110	0.009	0.002	0.003	0.339	0.002	0.043	0.420	0.143	0.034
12	D2g-D2e	14.141	0.523	0.6	0.8	0.975	14.504	0.012	0.0003	41.343	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.003	0.043	0.420	0.101	0.043
13	D1-D1a	548.618	28.556	0.6	0.8	0.975	562.685	0.012	0.0109	143.138	210	0.035	0.002	0.018	0.523	0.018	0.120	0.480	0.251	1.726
14	D1a-D	1077.067	47.474	0.6	0.8	0.975	1104.684	0.012	0.0213	161.874	210	0.035	0.004	0.026	0.739	0.021	0.130	0.480	0.355	0.131
15	D2-D2a	15.996	0.606	0.6	0.8	0.975	16.406	0.012	0.0003	33.388	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.002	0.043	0.420	0.202	0.038
16	D2a-D2e	34.078	1.062	0.6	0.8	0.975	34.952	0.012	0.0007	38.933	110	0.009	0.008	0.006	0.679	0.002	0.043	0.420	0.285	0.040
17	D2e-D	58.188	1.813	0.6	0.8	0.975	59.680	0.012	0.0012	50.221	110	0.009	0.006	0.006	0.588	0.004	0.045	0.420	0.247	0.029
18	D-E	1418.314	61.647	0.6	0.8	0.975	1454.681	0.012	0.0281	166.335	210	0.035	0.006	0.031	0.905	0.023	0.130	0.480	0.434	0.133

Tabel 5. 31 Lanjutan

No	Pipa	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)	Vmin (m/s)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m3/hari)	n	A (m2)	D hitung (mm)	D pasar (mm)	A baru (m2)	Slope Rencana	Qfull (m3/s)	V full	Qmin/ Qfull	dmin/ D	Vmin/ Vfull	Vmin cek (m/s)	Q gelontor (m3)
BLOK 1																				
19	E1b-E1a	6.027	0.188	0.6	0.8	0.975	6.182	0.012	0.0001	17.123	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.032	0.360	0.386	0.013
20	E1-E1a	92.498	4.713	0.6	0.8	0.975	94.870	0.012	0.0018	73.423	110	0.009	0.002	0.003	0.339	0.017	0.120	0.480	0.163	0.369
21	E1a-E	181.056	6.945	0.6	0.8	0.975	185.698	0.012	0.0036	107.560	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.035	0.130	0.480	0.115	0.031
22	E-F	1599.370	68.592	0.6	0.8	0.975	1640.380	0.012	0.0316	180.051	210	0.035	0.005	0.029	0.826	0.028	0.120	0.480	0.397	0.113
23	F1-F	100.380	5.490	0.6	0.8	0.975	102.954	0.012	0.0020	86.217	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.028	0.120	0.480	0.115	0.528
24	F3c-F3	15.996	0.606	0.6	0.8	0.975	16.406	0.012	0.0003	43.299	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.003	0.043	0.420	0.101	0.095
25	F4-F3	40.106	1.403	0.6	0.8	0.975	41.134	0.012	0.0008	45.198	110	0.009	0.005	0.005	0.537	0.003	0.045	0.420	0.225	0.054
26	F3b-F3a	24.110	0.991	0.6	0.8	0.975	24.728	0.012	0.0005	36.090	110	0.009	0.006	0.006	0.588	0.002	0.043	0.420	0.247	0.060
27	F3-F3a	120.549	4.258	0.6	0.8	0.975	123.640	0.012	0.0024	71.207	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.011	0.120	0.480	0.230	0.071
28	F3a-F2	186.851	6.543	0.6	0.8	0.975	191.643	0.012	0.0037	83.926	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.017	0.130	0.480	0.230	0.056
29	F2e-F2a	14.141	0.523	0.6	0.8	0.975	14.504	0.012	0.0003	31.880	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.001	0.043	0.420	0.202	0.049
30	F2c-F2a	18.082	0.702	0.6	0.8	0.975	18.546	0.012	0.0004	29.440	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.001	0.043	0.420	0.319	0.066
31	F2i-F2f	12.055	0.432	0.6	0.8	0.975	12.364	0.012	0.0002	22.206	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.043	0.420	0.451	0.064
32	F2-F2a	271.468	9.237	0.6	0.8	0.975	278.429	0.012	0.0054	125.204	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.047	0.130	0.480	0.115	0.037
33	F2a-F2f	378.108	9.237	0.6	0.8	0.975	387.803	0.012	0.0075	124.490	110	0.009	0.002	0.003	0.339	0.033	0.130	0.480	0.163	0.030
34	F2i-F	492.861	13.032	0.6	0.8	0.975	505.499	0.012	0.0098	156.583	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.066	0.140	0.450	0.108	0.047
35	F-G	2192.612	87.115	0.6	0.8	0.975	2248.833	0.012	0.0434	195.853	210	0.035	0.006	0.031	0.905	0.032	0.140	0.450	0.407	0.458

Tabel 5. 32 Perhitungan Dimensi Pipa Blok 2

No	Pipa	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)	Vmin (m/s)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m3/hari)	n	A (m2)	D hitung (mm)	D pasar (mm)	A baru (m2)	Slope Rencana	Qfull (m3/s)	V full	Qmin/ Qfull	dmin/ D	Vmin/ Vfull	Vmin cek (m/s)	Q gelontor (m3)
BLOK 2																				
1	E1b-E1a	15.996	0.606	0.6	0.8	0.975	16.406	0.012	0.0003	28.117	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.001	0.043	0.420	0.319	0.100
2	E1-E1a	120.318	6.168	0.6	0.8	0.975	123.403	0.012	0.0024	92.277	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.031	0.120	0.480	0.115	0.306
3	E1a-E	260.804	12.433	0.6	0.8	0.975	267.491	0.012	0.0052	123.336	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.063	0.140	0.450	0.108	0.259
4	E-F	2453.416	99.548	0.6	0.8	0.975	2516.324	0.012	0.0485	193.556	210	0.035	0.008	0.036	1.045	0.032	0.150	0.460	0.481	0.153
5	F1-F	9.969	0.344	0.6	0.8	0.975	10.224	0.012	0.0002	36.263	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.002	0.043	0.420	0.101	0.161
6	F3c-F3	9.969	0.344	0.6	0.8	0.975	10.224	0.012	0.0002	20.678	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.043	0.420	0.451	0.055
7	F4-F3	12.055	0.432	0.6	0.8	0.975	12.364	0.012	0.0002	22.206	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.043	0.420	0.451	0.056
8	F3b-F3a	122.172	5.541	0.6	0.8	0.975	125.305	0.012	0.0024	92.808	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.028	0.120	0.480	0.115	0.326
9	F3-F3a	218.380	8.540	0.6	0.8	0.975	223.979	0.012	0.0043	115.392	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.043	0.130	0.480	0.115	0.056
10	F3a-F2	338.697	13.487	0.6	0.8	0.975	347.382	0.012	0.0067	136.035	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.068	0.140	0.450	0.108	0.127
11	F2e-F2a	467.129	17.735	0.6	0.8	0.975	479.106	0.012	0.0092	153.466	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.090	0.150	0.460	0.110	0.045
12	F2c-F2a	2920.544	117.282	0.6	0.8	0.975	2995.430	0.012	0.0578	235.307	210	0.035	0.004	0.026	0.739	0.053	0.160	0.460	0.340	0.087
13	F2i-F2f	22.023	0.889	0.6	0.8	0.975	22.588	0.012	0.0004	37.642	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.002	0.043	0.420	0.202	0.068
14	F2-F2a	6.027	0.188	0.6	0.8	0.975	6.182	0.012	0.0001	23.155	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.000	0.032	0.360	0.173	0.040
15	F2a-F2f	76.271	2.991	0.6	0.8	0.975	78.226	0.012	0.0015	46.810	110	0.009	0.015	0.009	0.930	0.004	0.045	0.360	0.335	0.054
16	F2f-F	128.431	4.484	0.6	0.8	0.975	131.725	0.012	0.0025	53.924	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.005	0.045	0.360	0.386	0.037
17	F-G	3516.104	139.501	0.6	0.8	0.975	3606.261	0.012	0.0696	241.929	210	0.035	0.005	0.029	0.826	0.056	0.170	0.460	0.380	0.404

Tabel 5. 33 Lanjutan

No	Pipa	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)	Vmin (m/s)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m3/hari)	n	A (m2)	D hitung (mm)	D pasar (mm)	A baru (m2)	Slope Rencana	Qfull (m3/s)	V full	Qmin/ Qfull	dmin/ D	Vmin/ Vfull	Vmin cek (m/s)	Q gelontor (m3)
BLOK 2																				
18	E1b-E1a	3516.104	139.501	0.6	0.8	0.975	3606.261	0.012	0.0696	241.929	210	0.035	0.005	0.029	0.826	0.056	0.170	0.460	0.380	0.133
19	E1-E1a	14.141	0.523	0.6	0.8	0.975	14.504	0.012	0.0003	26.848	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.001	0.043	0.420	0.319	0.110
20	E1a-E	166.914	9.436	0.6	0.8	0.975	171.194	0.012	0.0033	80.449	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.024	0.130	0.480	0.230	0.618
21	E-F	3683.019	148.937	0.6	0.8	0.975	3777.455	0.012	0.0729	292.318	210	0.035	0.002	0.018	0.523	0.095	0.160	0.460	0.240	0.112
22	F1-F	62.361	3.101	0.6	0.8	0.975	63.960	0.012	0.0012	53.334	110	0.009	0.005	0.005	0.537	0.007	0.045	0.360	0.193	0.448
23	F3c-F3	3745.380	152.038	0.6	0.8	0.975	3841.415	0.012	0.0741	258.313	310	0.075	0.004	0.072	0.958	0.024	0.120	0.480	0.460	0.044
24	F4-F3	14.141	0.523	0.6	0.8	0.975	14.504	0.012	0.0003	23.576	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.001	0.043	0.420	0.451	0.075
25	F3b-F3a	9.969	0.344	0.6	0.8	0.975	10.224	0.012	0.0002	23.548	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.001	0.043	0.420	0.319	0.062
26	F3-F3a	56.334	1.932	0.6	0.8	0.975	57.778	0.012	0.0011	39.588	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.002	0.045	0.360	0.386	0.096
27	F3a-F2	94.585	3.124	0.6	0.8	0.975	97.010	0.012	0.0019	65.016	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.008	0.045	0.360	0.173	0.036
28	F2e-F2a	3839.965	155.162	0.6	0.8	0.975	3938.425	0.012	0.0760	338.139	310	0.075	0.001	0.036	0.479	0.050	0.130	0.480	0.230	0.258
29	F2c-F2a	3839.965	155.162	0.6	0.8	0.975	3938.425	0.012	0.0760	338.139	310	0.075	0.001	0.036	0.479	0.050	0.130	0.480	0.230	0.087
30	F2i-F2f	6.027	0.188	0.6	0.8	0.975	6.182	0.012	0.0001	17.123	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.032	0.360	0.386	0.016
31	F2-F2a	66.302	3.103	0.6	0.8	0.975	68.002	0.012	0.0013	51.238	110	0.009	0.007	0.006	0.635	0.006	0.045	0.420	0.267	0.467
32	F2a-F2f	128.663	4.675	0.6	0.8	0.975	131.962	0.012	0.0025	65.699	110	0.009	0.007	0.006	0.635	0.009	0.120	0.480	0.305	0.016
33	F2f-F	3968.628	159.836	0.6	0.8	0.975	4070.388	0.012	0.0785	342.344	310	0.075	0.001	0.036	0.479	0.051	0.130	0.480	0.230	0.537

Tabel 5. 34 Perhitungan Dimensi Pipa Blok 3

No	Pipa	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)	Vmin (m/s)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m3/hari)	n	A (m2)	D hitung (mm)	D pasar (mm)	A baru (m2)	Slope Rencana	Qfull (m3/s)	V full	Qmin/ Qfull	dmin/ D	Vmin/ Vfull	Vmin cek (m/s)	Q gelontor (m3)
BLOK 3																				
1	N1b-N1a	12.055	0.432	0.6	0.8	0.975	12.364	0.012	0.0002	25.288	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.001	0.043	0.420	0.319	0.026
2	N1d-N1c	3.941	0.113	0.6	0.8	0.975	4.042	0.012	0.0001	14.601	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.032	0.360	0.386	0.025
3	N1-N1a	72.098	3.098	0.6	0.8	0.975	73.946	0.012	0.0014	58.723	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.008	0.045	0.360	0.173	0.258
4	N1a-N1c	160.423	6.947	0.6	0.8	0.975	164.537	0.012	0.0032	102.789	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.035	0.120	0.480	0.115	0.168
5	N1c-N	258.717	10.335	0.6	0.8	0.975	265.351	0.012	0.0051	83.263	110	0.009	0.008	0.006	0.679	0.019	0.130	0.480	0.326	0.119
6	N-O	4227.345	170.171	0.6	0.8	0.975	4335.739	0.012	0.0836	350.548	310	0.075	0.001	0.036	0.479	0.054	0.130	0.480	0.230	0.467
7	O1-O2	24.110	0.991	0.6	0.8	0.975	24.728	0.012	0.0005	38.941	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.003	0.045	0.420	0.202	0.109
8	O2-O3	24.110	0.991	0.6	0.8	0.975	24.728	0.012	0.0005	38.941	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.003	0.045	0.420	0.202	0.013
9	O3b-O3a	8.114	0.268	0.6	0.8	0.975	8.322	0.012	0.0002	21.799	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.000	0.032	0.360	0.273	0.018
10	O3-O3a	78.589	2.973	0.6	0.8	0.975	80.604	0.012	0.0016	60.652	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.008	0.045	0.420	0.202	0.338
11	O3a-O	139.095	5.210	0.6	0.8	0.975	142.662	0.012	0.0028	63.272	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.008	0.120	0.480	0.364	0.061
12	O-P	4366.441	175.381	0.6	0.8	0.975	4478.401	0.012	0.0864	379.371	310	0.075	0.001	0.030	0.401	0.067	0.130	0.480	0.192	0.212
13	P1-P	46.133	2.160	0.6	0.8	0.975	47.316	0.012	0.0009	46.034	110	0.009	0.006	0.006	0.588	0.004	0.045	0.420	0.247	0.374
14	P-P2	4412.574	177.541	0.6	0.8	0.975	4525.717	0.012	0.0873	380.869	310	0.075	0.001	0.030	0.401	0.068	0.130	0.480	0.192	0.154
15	P3c-P3a	6.027	0.188	0.6	0.8	0.975	6.182	0.012	0.0001	22.206	110	0.009	0.005	0.005	0.537	0.000	0.032	0.360	0.193	0.052
16	P3g-P3d	24.110	0.991	0.6	0.8	0.975	24.728	0.012	0.0005	32.794	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.002	0.045	0.420	0.319	0.084
17	P3-P3a	74.416	2.816	0.6	0.8	0.975	76.324	0.012	0.0015	50.043	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.005	0.045	0.420	0.319	0.118
18	P3a-P3d	126.809	4.549	0.6	0.8	0.975	130.060	0.012	0.0025	62.335	110	0.009	0.009	0.007	0.720	0.008	0.045	0.420	0.302	0.069
19	P3d-P2	183.142	6.161	0.6	0.8	0.975	187.838	0.012	0.0036	71.548	110	0.009	0.009	0.007	0.720	0.010	0.120	0.480	0.346	0.024
20	P2-Q	4595.716	183.702	0.6	0.8	0.975	4713.555	0.012	0.0909	377.160	310	0.075	0.001	0.032	0.429	0.066	0.130	0.480	0.206	0.411

Tabel 5. 35 Lanjutan

No	Pipa	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)	Vmin (m/s)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m3/hari)	n	A (m2)	D hitung (mm)	D pasar (mm)	A baru (m2)	Slope Rencana	Qfull (m3/s)	V full	Qmin/ Qfull	dmin/ D	Vmin/ Vfull	Vmin cek (m/s)	Q gelontor (m3)
BLOK 3																				
21	Q1b-Q1a	3.941	0.113	0.6	0.8	0.975	4.042	0.012	0.0001	16.627	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.000	0.032	0.360	0.273	0.032
22	Q1d-Q1a	8.114	0.268	0.6	0.8	0.975	8.322	0.012	0.0002	25.885	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.001	0.043	0.420	0.202	0.105
23	Q1g-Q1f	8.114	0.268	0.6	0.8	0.975	8.322	0.012	0.0002	19.142	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.032	0.360	0.386	0.034
24	Q1j-Q1h	14.141	0.523	0.6	0.8	0.975	14.504	0.012	0.0003	26.848	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.001	0.043	0.420	0.319	0.062
25	Q1m-Q1k	3.941	0.113	0.6	0.8	0.975	4.042	0.012	0.0001	14.601	110	0.009	0.020	0.010	1.074	0.000	0.032	0.360	0.386	0.035
26	Q1n-Q1k	2.086	0.053	0.6	0.8	0.975	2.140	0.012	0.0000	13.099	110	0.009	0.010	0.007	0.759	0.000	0.032	0.360	0.273	0.030
27	Q1-Q1a	84.616	2.605	0.6	0.8	0.975	86.786	0.012	0.0017	62.356	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.007	0.045	0.420	0.202	0.036
28	Q1a-Q1f	128.895	2.605	0.6	0.8	0.975	132.200	0.012	0.0026	73.017	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.007	0.045	0.420	0.202	0.057
29	Q1f-Q1h	181.288	4.338	0.6	0.8	0.975	185.936	0.012	0.0036	82.980	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.011	0.120	0.480	0.230	0.072
30	Q1h-Q1k	247.822	6.797	0.6	0.8	0.975	254.176	0.012	0.0049	93.301	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.017	0.120	0.480	0.230	0.073
31	Q1k-Q	316.442	8.526	0.6	0.8	0.975	324.556	0.012	0.0063	102.258	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.022	0.130	0.480	0.230	0.026
32	Q-R	4912.158	192.228	0.6	0.8	0.975	5038.111	0.012	0.0972	386.696	310	0.075	0.001	0.032	0.429	0.069	0.130	0.480	0.206	0.383
33	R1e-R1c	14.141	0.523	0.6	0.8	0.975	14.504	0.012	0.0003	41.343	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.003	0.043	0.420	0.101	0.086
34	R1b-R1a	14.141	0.523	0.6	0.8	0.975	14.504	0.012	0.0003	41.343	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.003	0.043	0.420	0.101	0.077
35	R1-R1c	62.593	2.115	0.6	0.8	0.975	64.198	0.012	0.0012	55.691	110	0.009	0.004	0.005	0.480	0.005	0.045	0.420	0.202	0.021
36	R1c-R1a	100.844	3.209	0.6	0.8	0.975	103.430	0.012	0.0020	86.366	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.016	0.045	0.420	0.101	0.140
37	R1a-R	145.123	4.589	0.6	0.8	0.975	148.844	0.012	0.0029	98.997	110	0.009	0.001	0.002	0.240	0.023	0.120	0.480	0.115	0.111
38	R-S	7249.775	196.818	0.6	0.8	0.975	7435.666	0.012	0.1434	330.908	410	0.132	0.004	0.152	1.155	0.015	0.120	0.480	0.554	3.256
39	S-IPAL	7249.775	196.818	0.6	0.8	0.975	7435.666	0.012	0.1434	330.908	410	0.132	0.004	0.152	1.155	0.015	0.120	0.480	0.554	0.069

5. Menghitung kembali luas pipa air limbah dengan diameter pasar yang tersedia menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi (3,14)^2 = 0,0095 \text{ m}^2$$

6. Menghitung nilai Q full

$$\begin{aligned} Q_{full} &= \frac{0,3117}{n} \times D^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{0,3117}{0,0149} \times 0,11^{2/3} \times 0,004^{1/2} \\ &= 0,0046 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

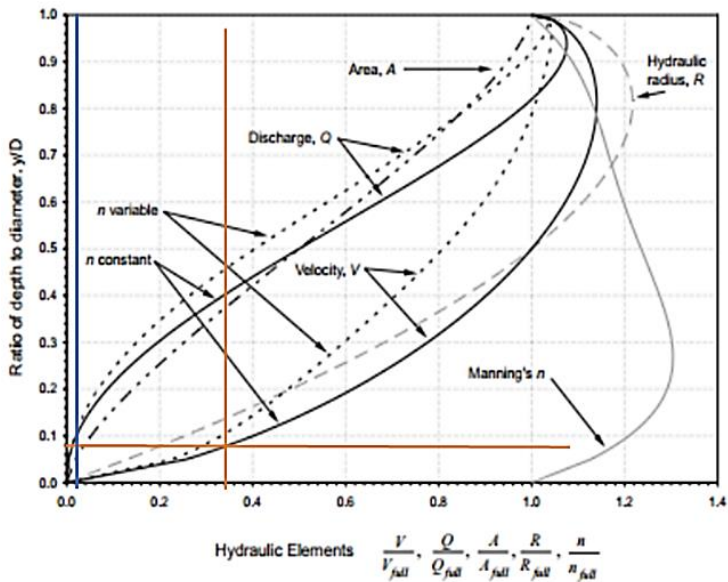
7. Menghitung nilai Vfull menggunakan diameter pipa pasaran dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_{full} = \frac{Q_{full}}{A} = \frac{0,0046}{0,0095} = 0,48 \text{ m/s}$$

8. Menghitung nilai Qmin/Qfull dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{Q_{min}}{Q_{full}} = \frac{0,268 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,0046 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,0007$$

9. Menentukan nilai Vmin/Vfull menggunakan grafik *Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section*. Nilai Vmin/Vfull didapatkan dengan menarik garis nilai Qmin/Qfull menuju garis Q dan selanjutnya ditarik menuju sumbu Y. Garis dari sumbu Y ditarik ke arah kanan sampai memotong grafik V. Nilai Vmin/Vfull didapatkan sebesar 0,36.



Gambar 5. 17 Grafik Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section Memotong Velocity

10. Menghitung kembali nilai V_{\min} pada pipa air limbah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{\min} &= V_{full} \times \frac{V_{\min}}{V_{full}} \\
 &= 0,48 \times 0,36 \\
 &= 0,1728 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi dalam menentukan dimensi pipa air limbah adalah V_{\min} dalam rentang 0,6-3 m/dt agar tidak terjadi pengendapan. Bila kecepatan minimum kurang dari 0,6 m/detik perlu dilakukan penggelontoran guna mencegah terjadinya pengendapan saat kondisi minimum.

11. Menghitung volume penggelontoran

Penggelontoran dilaksanakan saat debit dan kecepatan air minimal dimana kedalaman renang tidak cukup untuk membawa padatan. Volume air yang dibutuhkan untuk penggelontoran dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}H_{min} &= d_{min}/D \times \text{Diameter} \\&= 0,032 \times 0,11 \text{ m} \\&= 0,004 \text{ m}\end{aligned}$$

$$H_{\text{min yang disarankan}} = 0,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}A_{\text{gelontor}} &= \left(\left(\frac{1}{4} \pi \times H_{\text{min syarat}}^2 \right) - \left(\frac{1}{4} \pi \times H_{\text{min}}^2 \right) \right) \\&= \left(\left(\frac{1}{4} \pi \times 0,05^2 \right) - \left(\frac{1}{4} \pi \times 0,004^2 \right) \right) \\&= 0,002 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{gelontor}} &= A_{\text{gelontor}} \times V_{\text{min syarat}} \\&= 0,002 \text{ m}^2 \times 0,6 \text{ m/s} \\&= 0,00117 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume gelontor} &= Q_{\text{gelontor}} \times (\text{Panjang pipa}/V_{\text{min}}) \\&= 0,00117 \text{ m}^3/\text{s} \times (49,7 \text{ m}/0,6 \text{ m/s}) \\&= 0,09705 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Perhitungan volume penggelontoran masing-masing pipa dihitung pada Tabel 5.36 hingga Tabel 5.39.

Tabel 5. 36 Perhitungan Penggelontoran Pipa Blok 1

No	Pipa	dmin/D	H min	A gelontor	Q gelontor	Volume Gelontor (m3)
BLOK 1						
1	B1f-A	0.032	0.004	0.002	0.001	0.097
2	B1d-B1a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.272
3	B1b-B1a	0.032	0.004	0.002	0.001	0.029
4	A-B1a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.541
5	B1a-B	0.120	0.013	0.002	0.001	0.074
6	B-C	0.045	0.005	0.002	0.001	0.082
7	C1-C	0.120	0.013	0.002	0.001	0.959
8	C2-C	0.045	0.005	0.002	0.001	0.265
9	C-D	0.130	0.014	0.002	0.001	0.072
10	D1b-D1a	0.032	0.004	0.002	0.001	0.043
11	D2c-D2a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.070
12	D2g-D2e	0.043	0.005	0.002	0.001	0.089
13	D1-D1a	0.120	0.025	0.001	0.001	0.730
14	D1a-D	0.130	0.027	0.001	0.001	0.052
15	D2-D2a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.079
16	D2a-D2e	0.043	0.005	0.002	0.001	0.082
17	D2e-D	0.045	0.005	0.002	0.001	0.060
18	D-E	0.130	0.027	0.001	0.001	0.053
19	E1b-E1a	0.032	0.004	0.002	0.001	0.026
20	E1-E1a	0.120	0.013	0.002	0.001	0.709
21	E1a-E	0.130	0.014	0.002	0.001	0.059
22	E-F	0.120	0.025	0.001	0.001	0.048
23	F1-F	0.120	0.013	0.002	0.001	1.015
24	F3c-F3	0.043	0.005	0.002	0.001	0.194
25	F4-F3	0.045	0.005	0.002	0.001	0.110
26	F3b-F3a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.122
27	F3-F3a	0.120	0.013	0.002	0.001	0.136
28	F3a-F2	0.130	0.014	0.002	0.001	0.107
29	F2e-F2a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.101
30	F2c-F2a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.135
31	F2i-F2f	0.043	0.005	0.002	0.001	0.132
32	F2-F2a	0.130	0.014	0.002	0.001	0.070
33	F2a-F2f	0.130	0.014	0.002	0.001	0.057
34	F2f-F	0.140	0.015	0.002	0.001	0.087
35	F-G	0.140	0.029	0.001	0.001	0.170

Tabel 5. 37 Perhitungan Penggelontoran Pipa Blok 2

No	Pipa	dmin/D	H min	A gelontor	Q gelontor	Volume Gelontor (m3)
BLOK 2						
1	G1c-G1a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.205
2	G1-G1a	0.120	0.013	0.002	0.001	0.589
3	G1a-G	0.140	0.015	0.002	0.001	0.485
4	G-H	0.150	0.032	0.001	0.001	0.052
5	H2g-H2e	0.043	0.005	0.002	0.001	0.330
6	H2d-H2c	0.043	0.005	0.002	0.001	0.112
7	H2b-H2a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.116
8	H1-H2e	0.120	0.013	0.002	0.001	0.626
9	H2e-H2c	0.130	0.014	0.002	0.001	0.106
10	H2c-H2a	0.140	0.015	0.002	0.001	0.237
11	H2a-H	0.150	0.017	0.002	0.001	0.083
12	H-H2	0.160	0.034	0.001	0.001	0.027
13	H4-H3	0.043	0.005	0.002	0.001	0.139
14	H3b-H3a	0.032	0.004	0.002	0.001	0.083
15	H3-H3a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.110
16	H3a-H2	0.045	0.005	0.002	0.001	0.075
17	H2-I	0.170	0.036	0.001	0.001	0.112
18	I-J	0.170	0.036	0.001	0.001	0.037
19	J1c-J1a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.226
20	J1-J	0.130	0.014	0.002	0.001	1.172
21	J-K	0.160	0.034	0.001	0.001	0.035
22	K1-K	0.045	0.005	0.002	0.001	0.916
23	K-K2	0.120	0.037	0.001	0.001	0.005
24	K3c-K3a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.153
25	K3d-K3a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.127
26	K3-K3a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.197
27	K3a-K2	0.045	0.005	0.002	0.001	0.073
28	K2-L	0.130	0.040	0.001	0.000	0.023
29	L-M	0.130	0.040	0.001	0.000	0.008
30	M1b-M1a	0.032	0.004	0.002	0.001	0.032
31	M1-M1a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.955
32	M1a-M	0.120	0.013	0.002	0.001	0.031
33	M-N	0.130	0.040	0.001	0.000	0.049

Tabel 5. 38 Perhitungan Penggelontoran Pipa Blok 3

No	Pipa	dmin/D	H min	A gelontor	Q gelontor	Volume Gelontor (m3)
BLOK 3						
1	N1b-N1a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.053
2	N1d-N1c	0.032	0.004	0.002	0.001	0.052
3	N1-N1a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.528
4	N1a-N1c	0.120	0.013	0.002	0.001	0.323
5	N1c-N	0.130	0.014	0.002	0.001	0.226
6	N-O	0.130	0.040	0.001	0.000	0.043
7	O1-O2	0.045	0.005	0.002	0.001	0.222
8	O2-O3	0.045	0.005	0.002	0.001	0.027
9	O3b-O3a	0.032	0.004	0.002	0.001	0.037
10	O3-O3a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.691
11	O3a-O	0.120	0.013	0.002	0.001	0.117
12	O-P	0.130	0.040	0.001	0.000	0.019
13	P1-P	0.045	0.005	0.002	0.001	0.766
14	P-P2	0.130	0.040	0.001	0.000	0.014
15	P3c-P3a	0.032	0.004	0.002	0.001	0.107
16	P3g-P3d	0.045	0.005	0.002	0.001	0.171
17	P3-P3a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.241
18	P3a-P3d	0.045	0.005	0.002	0.001	0.142
19	P3d-P2	0.120	0.013	0.002	0.001	0.045
20	P2-Q	0.130	0.040	0.001	0.000	0.037
21	Q1b-Q1a	0.032	0.004	0.002	0.001	0.065
22	Q1d-Q1a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.214
23	Q1g-Q1f	0.032	0.004	0.002	0.001	0.071
24	Q1j-Q1h	0.043	0.005	0.002	0.001	0.127
25	Q1m-Q1k	0.032	0.004	0.002	0.001	0.072
26	Q1n-Q1k	0.032	0.004	0.002	0.001	0.062
27	Q1-Q1a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.073
28	Q1a-Q1f	0.045	0.005	0.002	0.001	0.116
29	Q1f-Q1h	0.120	0.013	0.002	0.001	0.138
30	Q1h-Q1k	0.120	0.013	0.002	0.001	0.141
31	Q1k-Q	0.130	0.014	0.002	0.001	0.049
32	Q-R	0.130	0.040	0.001	0.000	0.035
33	R1e-R1c	0.043	0.005	0.002	0.001	0.176
34	R1b-R1a	0.043	0.005	0.002	0.001	0.157
35	R1-R1c	0.045	0.005	0.002	0.001	0.044
36	R1c-R1a	0.045	0.005	0.002	0.001	0.287
37	R1a-R	0.120	0.013	0.002	0.001	0.213
38	R-S	0.120	0.049	0.00006	0.00004	0.01537
39	S-IPAL	0.120	0.049	0.00006	0.00004	0.00033

Penggelontoran dilakukan pada masing-masing blok dengan lokasi titik terjauh guna mengalirkan secara efektif. Volume penggelontoran yang dibutuhkan dapat dilihat pada perhitungan Tabel 5.39

Tabel 5. 39 Volume Penggelontoran Tiap Blok

BLOK	VOLUME GELONTOR (m3)
1	6.926
2	7.529
3	5.918
TOTAL	20.373

Penggelontoran dilakukan selama 10-15 menit menggunakan truk tangki air.

5.5.6 Penanaman Pipa Air Limbah

Perencanaan penanaman pipa dilaksanakan dengan mempertimbangkan persyaratan teknis yaitu kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, biaya konstruksi, dan kedalaman pipa. Penanaman pipa disesuaikan dengan *slope* pipa yang telah diperhitungkan agar air limbah dapat mengalir secara gravitasi sehingga sebisa mungkin menghindari adanya pemompaan. Kedalaman pipa maksimal berdasarkan pertimbangan biaya dan kemudahan dalam penggalian serta risiko pemasangan pipa. Pompa digunakan apabila kedalaman penanaman mencapai 7 meter.

Perhitungan penanaman pipa air limbah dapat dilakukan sebagai berikut.

- Jalur B1f-A

Diketahui:

- Panjang pipa = 49,7 m
- Slope pipa = 0,004
- Headloss pipa = 0,497 m
- Elevasi medan awal = 3,109
- Elevasi medan akhir = 3,051
- Diameter luar pipa = 110 mm

Perhitungan kedalaman penanaman awal

- Elevasi atas pipa
 - Elevasi awal = Elevasi medan awal – 0,6
= 3,109 – 0,6
= 2,509
 - Elevasi akhir = Elevasi atas awal-hL
= 2,509 - 0,199
= 2,310
- Elevasi dasar pipa
 - Elevasi awal = Elevasi awal atas pipa – D
= 2,509-0,11
= 2,399
 - Elevasi akhir = Elevasi awal dasar pipa – hL
= 2,399 – 0,199
= 2,2
- Kedalaman penanaman
 - Awal = Elevasi medan awal - Elevasi awal dasar pipa + pondasi pasir bawah
= 3,109 –2,399 +0.1
= 0,81
 - Akhir = Elevasi medan akhir - Elevasi akhir dasar pipa + pondasi pasir bawah
= 3,051 – 2,2 + 0,1
= 0,95

Perhitungan penanaman pipa Blok 1 dapat dilihat pada Tabel 5.40 dan Tabel 5.41. Perhitungan penanaman pipa Blok 2 dapat dilihat pada Tabel 5.42 dan Tabel 5.43. Perhitungan penanaman pipa Blok 3 dapat dilihat pada Tabel 5.44 dan Tabel 5.45.

Tabel 5. 40 Perhitungan Penanaman Blok 1

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjan g Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope Pipa	HL m	D pipa m	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Dasar Pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah	Kedalaman Penanaman (m)		Keterangan
				awal	akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir	
BLOK 1																
1	B1f-A	Tersier	49.7	3.109	3.051	0.004	0.2	0.11	2.509	2.310	2.399	2.200	0.1	0.81	0.95	
2	B1d-B1a	Tersier	140.0	3.027	3.106	0.004	0.6	0.11	2.427	1.867	2.317	1.757	0.1	0.81	1.45	
3	B1b-B1a	Tersier	14.7	2.825	3.106	0.02	0.3	0.11	2.225	1.931	2.115	1.821	0.1	0.81	1.39	
4	A-B1a	Sekunder	278.5	3.051	3.106	0.004	1.1	0.11	2.310	1.196	2.200	1.086	0.1	0.95	2.12	
5	B1a-B	Sekunder	40.8	3.106	3.106	0.004	0.2	0.11	1.196	1.033	1.086	0.923	0.1	2.12	2.28	
6	B-C	Primer	42.3	3.106	2.719	0.004	0.2	0.11	1.033	0.864	0.923	0.754	0.1	2.28	2.06	
7	C1-C	Sekunder	525.4	3.036	2.719	0.002	1.1	0.11	2.436	1.385	2.326	1.275	0.1	0.81	1.54	
8	C2-C	Sekunder	136.2	3.048	2.719	0.008	1.1	0.11	2.448	1.358	2.338	1.248	0.1	0.81	1.57	
9	C-D	Primer	39.8	2.719	3.103	0.004	0.2	0.11	0.864	0.704	0.754	0.594	0.1	2.06	2.61	
10	D1b-D1a	Tersier	22.2	2.779	2.771	0.004	0.1	0.11	2.179	2.090	2.069	1.980	0.1	0.81	0.89	
11	D2c-D2a	Tersier	35.8	3.400	2.735	0.002	0.1	0.11	2.800	2.728	2.690	2.618	0.1	0.81	0.22	
12	D2g-D2e	Tersier	45.7	3.066	3.091	0.001	0.0	0.11	2.466	2.421	2.356	2.311	0.1	0.81	0.88	
13	D1-D1a	Sekunder	498.7	2.765	2.771	0.002	1.0	0.21	2.165	1.168	1.955	0.958	0.1	0.91	1.91	
14	D1a-D	Sekunder	37.8	2.771	3.103	0.004	0.2	0.21	1.168	1.017	0.958	0.807	0.1	1.91	2.40	
15	D2-D2a	Sekunder	40.4	3.353	2.735	0.004	0.2	0.11	2.753	2.591	2.643	2.481	0.1	0.81	0.35	
16	D2a-D2e	Sekunder	42.3	2.735	3.091	0.008	0.3	0.11	2.591	2.253	2.481	2.143	0.1	0.35	1.05	
17	D2e-D	Sekunder	30.9	3.091	3.103	0.006	0.2	0.11	2.253	2.067	2.143	1.957	0.1	1.05	1.25	
18	D-E	Primer	38.4	2.771	3.069	0.006	0.2	0.21	0.704	0.474	0.494	0.264	0.1	2.38	2.91	

Tabel 5. 41 Lanjutan

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		Slope Pipa	HL	D pipa	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Dasar Pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah	Kedalaman Penanaman (m)		Keterangan
			(m)	awal	akhir		m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir	
BLOK 1																
19	E1b-E1a	Tersier	13.2	3.048	3.045	0.020	0.264	0.11	2.448	2.184	2.338	2.074	0.1	0.81	1.07	
20	E1-E1a	Sekunder	388.2	2.426	3.045	0.002	0.776	0.11	1.826	1.050	1.716	0.940	0.1	0.81	2.21	
21	E1a-E	Sekunder	32.9	3.045	3.069	0.001	0.033	0.11	1.050	1.017	0.940	0.907	0.1	2.21	2.26	
22	E-F	Primer	32.6	3.069	3.072	0.005	0.163	0.21	0.474	0.311	0.264	0.101	0.1	2.91	3.07	
23	F1-F	Sekunder	555.8	1.842	3.072	0.001	0.556	0.11	1.242	0.686	1.132	0.576	0.1	0.81	2.60	
24	F3c-F3	Tersier	99.5	2.134	2.134	0.001	0.099	0.11	1.534	1.434	1.424	1.324	0.1	0.81	0.91	
25	F4-F3	Sekunder	56.8	2.134	2.134	0.005	0.284	0.11	1.534	1.249	1.424	1.139	0.1	0.81	1.09	
26	F3b-F3a	Tersier	63.0	3.060	3.066	0.006	0.378	0.11	2.460	2.082	2.350	1.972	0.1	0.81	1.19	
27	F3-F3a	Sekunder	74.6	2.134	3.066	0.004	0.298	0.11	1.249	0.951	1.139	0.841	0.1	1.09	2.33	
28	F3a-F2	Sekunder	59.2	3.066	3.048	0.004	0.237	0.11	0.951	0.714	0.841	0.604	0.1	2.33	2.54	
29	F2e-F2a	Tersier	51.8	2.969	3.060	0.004	0.207	0.11	2.369	2.162	2.259	2.052	0.1	0.81	1.11	
30	F2c-F2a	Tersier	69.3	3.393	3.060	0.010	0.693	0.11	2.793	2.100	2.683	1.990	0.1	0.81	1.17	
31	F2i-F2f	Tersier	67.7	3.072	3.066	0.020	1.353	0.11	2.472	1.119	2.362	1.009	0.1	0.81	2.16	
32	F2-F2a	Sekunder	38.6	3.066	3.060	0.001	0.039	0.11	0.714	0.675	0.604	0.565	0.1	2.56	2.59	
33	F2a-F2f	Sekunder	31.5	3.060	3.057	0.002	0.063	0.11	0.675	0.612	0.565	0.502	0.1	2.59	2.65	
34	F2f-F	Sekunder	49.1	3.057	3.072	0.001	0.049	0.11	0.612	0.563	0.502	0.453	0.1	2.65	2.72	
35	F-G	Primer	132.2	3.072	3.299	0.006	0.793	0.21	0.311	-0.483	0.101	-0.693	0.1	3.07	4.09	

Tabel 5. 42 Perhitungan Penanaman Blok 2

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		Slope Pipa	HL	D pipa	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Dasar Pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah	Kedalaman Penanaman (m)		Keterangan
			(m)	awal	akhir		m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir	
BLOK 2																
1	G1c-G1a	Tersier	105.6	2.724	2.969	0.010	1.056	0.11	2.124	1.068	2.014	0.958	0.1	0.81	2.11	
2	G1-G1a	Sekunder	322.4	1.2107	2.969	0.001	0.322	0.11	0.611	0.288	0.501	0.178	0.1	0.81	2.89	
3	G1a-G	Sekunder	273.0	2.9688	3.299	0.001	0.273	0.11	0.288	0.015	0.178	-0.095	0.1	2.89	3.49	
4	G-H	Primer	44.1	3.2992	3.008	0.008	0.353	0.21	-0.483	-0.836	-0.693	-1.046	0.1	4.09	4.15	
5	H2g-H2e	Tersier	169.7	1.4966	1.774	0.001	0.17	0.11	0.897	0.727	0.787	0.617	0.1	0.81	1.26	
6	H2d-H2c	Tersier	57.8	2.4603	2.424	0.020	1.155	0.11	1.860	0.705	1.750	0.595	0.1	0.81	1.93	
7	H2b-H2a	Tersier	59.4	2.7487	2.74	0.020	1.188	0.11	2.149	0.961	2.039	0.851	0.1	0.81	1.99	
8	H1-H2e	Sekunder	343.0	1.2192	1.774	0.001	0.343	0.11	0.619	0.276	0.509	0.166	0.1	0.81	1.71	
9	H2e-H2c	Sekunder	58.7	1.7739	2.424	0.001	0.059	0.11	0.276	0.217	0.166	0.107	0.1	1.71	2.42	
10	H2c-H2a	Sekunder	133.5	2.4238	2.74	0.001	0.134	0.11	0.217	0.084	0.107	-0.026	0.1	2.42	2.87	
11	H2a-H	Sekunder	47.6	2.7405	3.008	0.001	0.048	0.11	0.084	0.036	-0.026	-0.074	0.1	2.87	3.18	
12	H-H2	Primer	25.1	3.0084	2.438	0.004	0.1	0.21	-0.836	-0.936	-1.046	-1.146	0.1	4.15	3.68	
13	H4-H3	Sekunder	71.5	3.9624	3.36	0.004	0.286	0.11	3.362	3.076	3.252	2.966	0.1	0.81	0.49	
14	H3b-H3a	Tersier	42.6	3.0206	2.798	0.004	0.171	0.11	2.421	2.250	2.311	2.140	0.1	0.81	0.76	
15	H3-H3a	Sekunder	56.8	3.3595	2.798	0.015	0.852	0.11	3.076	2.224	2.966	2.114	0.1	0.49	0.78	
16	H3a-H2	Sekunder	38.5	2.7981	2.438	0.020	0.77	0.11	2.224	1.455	2.114	1.345	0.1	0.78	1.19	
17	H2-l	Primer	116.7	1.7739	1.829	0.005	0.583	0.21	-0.936	-1.519	-1.146	-1.729	0.1	3.02	3.66	

Tabel 5. 43 Lanjutan

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		Slope Pipa	HL	D pipa	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Dasar Pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah	Kedalaman Penanaman (m)		Keterangan
			(m)	awal	akhir		m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir	
BLOK 2																
18	I-J	Primer	38.5	1.8288	2.691	0.005	0.193	0.21	-1.519	-1.712	-1.729	-1.922	0.1	3.658	4.713	
19	J1c-J1a	Tersier	116.0	2.4286	2.397	0.010	1.16	0.11	1.829	0.669	1.719	0.559	0.1	0.810	1.938	
20	J1-J	Sekunder	650.7	1.8434	2.691	0.004	2.603	0.11	1.243	-1.359	1.133	-1.469	0.1	0.810	4.260	
21	J-K	Primer	32.4	2.6911	2.438	0.002	0.065	0.21	-1.712	-1.777	-1.922	-1.987	0.1	4.713	4.525	
22	K1-K	Sekunder	471.5	1.8288	2.438	0.005	2.357	0.11	1.229	-1.128	1.119	-1.238	0.1	0.810	3.777	
23	K-K2	Primer	5.9	2.4384	2.688	0.004	0.023	0.31	-1.777	-1.800	-2.087	-2.110	0.1	4.625	4.898	
24	K3c-K3a	Tersier	78.7	3.6881	2.688	0.020	1.574	0.11	3.088	1.514	2.978	1.404	0.1	0.810	1.384	
25	K3d-K3a	Tersier	65.4	2.7816	2.688	0.010	0.654	0.11	2.182	1.527	2.072	1.417	0.1	0.810	1.371	
26	K3-K3a	Sekunder	101.2	3.3796	2.688	0.020	2.025	0.11	2.780	0.755	2.670	0.645	0.1	0.810	2.143	
27	K3a-K2	Sekunder	37.8	2.6883	3.048	0.004	0.151	0.11	0.755	0.604	0.645	0.494	0.1	2.143	2.654	
28	K2-L	Primer	34.2	2.4384	2.438	0.001	0.034	0.31	-1.800	-1.834	-2.110	-2.144	0.1	4.648	4.683	
29	L-M	Primer	11.6	2.4384	3.039	0.001	0.012	0.31	-1.834	-1.846	-2.144	-2.156	0.1	4.683	5.295	
30	M1b-M1a	Tersier	16.5	3.048	3.039	0.020	0.33	0.11	2.448	2.118	2.338	2.008	0.1	0.810	1.131	
31	M1-M1a	Sekunder	491.3	3.048	3.039	0.007	3.439	0.11	2.448	-0.991	2.338	-1.101	0.1	0.810	4.240	
32	M1a-M	Sekunder	17.2	3.0389	3.039	0.007	0.12	0.11	-0.991	-1.111	-1.101	-1.221	0.1	4.240	4.360	
33	M-N	Primer	71.2	3.0389	3.048	0.001	0.071	0.31	-1.846	-1.917	-2.156	-2.227	0.1	5.295	5.375	

Tabel 5. 44 Perhitungan Penanaman Blok 3

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		Slope Pipa	HL	D pipa	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Dasar Pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah	Kedalaman Penanaman (m)		Keterangan
			(m)	awal	akhir		m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir	
BLOK 3																
1	N1b-N1a	Tersier	27.1	2.716	2.787	0.010	0.271	0.11	2.116	1.845	2.006	1.735	0.1	0.81	1.15	
2	N1d-N1c	Tersier	26.4	3.048	2.836	0.020	0.528	0.11	2.448	1.920	2.338	1.810	0.1	0.81	1.13	
3	N1-N1a	Sekunder	271.5	2.438	2.743	0.004	1.086	0.11	1.838	0.752	1.728	0.642	0.1	0.81	2.20	
4	N1a-N1c	Sekunder	177.0	2.743	2.836	0.001	0.177	0.11	0.752	0.575	0.642	0.465	0.1	2.20	2.47	
5	N1c-N	Sekunder	125.2	2.836	3.048	0.008	1.002	0.11	0.575	-0.426	0.465	-0.536	0.1	2.47	3.68	
6	N-O	Primer	61.9	2.743	3.033	0.001	0.062	0.31	-1.917	-1.979	-2.227	-2.289	0.1	5.07	5.42	
7	O1-O2	Sekunder	114.4	2.134	2.134	0.004	0.458	0.11	1.534	1.076	1.424	0.966	0.1	0.81	1.27	
8	O2-O3	Sekunder	13.7	2.134	2.134	0.004	0.055	0.11	1.076	1.021	0.966	0.911	0.1	1.27	1.32	
9	O3b-O3a	Tersier	19.0	2.438	3.033	0.010	0.19	0.11	1.838	1.649	1.728	1.539	0.1	0.81	1.59	
10	O3-O3a	Sekunder	355.7	2.134	3.033	0.004	1.423	0.11	1.021	-0.402	0.911	-0.512	0.1	1.32	3.64	
11	O3a-O	Sekunder	64.4	3.033	3.033	0.010	0.644	0.11	-0.402	-1.045	-0.512	-1.155	0.1	3.64	4.29	
12	O-P	Primer	28.1	3.033	1.829	0.001	0.02	0.31	-1.979	-1.998	-2.289	-2.308	0.1	5.42	4.24	
13	P1-P	Sekunder	394.0	1.829	1.829	0.006	2.364	0.11	1.229	-1.135	1.119	-1.245	0.1	0.81	3.17	
14	P-P2	Primer	20.5	1.829	3.292	0.001	0.014	0.31	-1.998	-2.013	-2.308	-2.323	0.1	4.24	5.72	
15	P3c-P3a	Tersier	55.0	3.091	3.650	0.005	0.275	0.11	2.491	2.216	2.381	2.106	0.1	0.81	1.64	
16	P3g-P3d	Tersier	87.9	3.109	3.410	0.010	0.879	0.11	2.509	1.630	2.399	1.520	0.1	0.81	1.99	
17	P3-P3a	Sekunder	124.1	4.010	3.650	0.010	1.241	0.11	3.410	2.169	3.300	2.059	0.1	0.81	1.69	
18	P3a-P3d	Sekunder	73.1	3.650	3.410	0.009	0.658	0.11	2.169	1.511	2.059	1.401	0.1	1.69	2.11	
19	P3d-P2	Sekunder	24.9	3.410	3.292	0.009	0.224	0.11	1.511	1.287	1.401	1.177	0.1	2.11	2.22	
20	P2-Q	Primer	54.5	3.292	3.048	0.001	0.044	0.31	-2.013	-2.056	-2.323	-2.366	0.1	5.72	5.51	

Tabel 5. 45 Lanjutan

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang g Pipa	Elevasi Medan		Slope Pipa	HL	D pipa	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Dasar Pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah	Kedalaman Penanaman (m)		Keterangan
			(m)	awal	akhir		m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir	
BLOK 3																
21	Q1b-Q1a	Tersier	33.3	1.829	1.843	0.01	0.333	0.11	1.229	0.896	1.119	0.786	0.1	0.81	1.16	
22	Q1d-Q1a	Tersier	110.2	2.102	1.843	0.004	0.441	0.11	1.502	1.061	1.392	0.951	0.1	0.81	0.99	
23	Q1g-Q1f	Tersier	36.3	2.149	1.878	0.02	0.726	0.11	1.549	0.823	1.439	0.713	0.1	0.81	1.27	
24	Q1j-Q1h	Tersier	65.4	2.112	2.402	0.01	0.654	0.11	1.512	0.859	1.402	0.749	0.1	0.81	1.75	
25	Q1m-Q1k	Tersier	36.7	2.787	2.743	0.02	0.734	0.11	2.187	1.453	2.077	1.343	0.1	0.81	1.50	
26	Q1n-Q1k	Tersier	31.9	2.702	2.743	0.01	0.319	0.11	2.102	1.783	1.992	1.673	0.1	0.81	1.17	
27	Q1-Q1a	Sekunder	37.8	1.504	1.829	0.004	0.151	0.11	0.904	0.753	0.794	0.643	0.1	0.81	1.29	
28	Q1a-Q1f	Sekunder	59.6	1.829	1.878	0.004	0.238	0.11	0.753	0.515	0.643	0.405	0.1	1.29	1.57	
29	Q1f-Q1h	Sekunder	75.7	1.878	2.402	0.004	0.303	0.11	0.515	0.212	0.405	0.102	0.1	1.57	2.40	
30	Q1h-Q1k	Sekunder	77.2	2.402	2.743	0.004	0.309	0.11	0.212	-0.097	0.102	-0.207	0.1	2.40	3.05	
31	Q1k-Q	Sekunder	27.4	2.743	3.048	0.004	0.11	0.11	-0.097	-0.207	-0.207	-0.317	0.1	3.05	3.46	
32	Q-R	Primer	50.8	3.048	3.272	0.0008	0.041	0.31	-2.056	-2.097	-2.366	-2.407	0.1	5.51	5.78	
33	R1e-R1c	Tersier	90.3	3.370	3.356	0.001	0.09	0.11	2.770	2.679	2.660	2.569	0.1	0.81	0.89	
34	R1b-R1a	Tersier	80.7	3.380	3.363	0.001	0.081	0.11	2.780	2.699	2.670	2.589	0.1	0.81	0.87	
35	R1-R1c	Sekunder	22.4	3.353	3.356	0.004	0.09	0.11	2.753	2.663	2.643	2.553	0.1	0.81	0.90	
36	R1c-R1a	Sekunder	147.8	3.356	3.363	0.001	0.148	0.11	2.663	2.515	2.553	2.405	0.1	0.90	1.06	
37	R1a-R	Sekunder	116.8	3.363	3.272	0.001	0.117	0.11	2.515	2.398	2.405	2.288	0.1	1.06	1.08	
38	R-S	Primer	246.8	3.272	1.829	0.004	0.987	0.41	2.272	1.285	1.862	0.875	0.1	1.51	1.05	Pompa
39	S-IPAL	Primer	5.3	1.829	1.524	0.004	0.021	0.41	1.285	1.264	0.875	0.854	0.1	1.05	0.77	

5.1 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap pada jaringan perpipaan air limbah berfungsi untuk menunjang dan menjamin sistem perpipaan berjalan dengan baik. Bangunan pelengkap pada perencanaan ini antara lain manhole dan stasiun pompa.

5.7.1 Manhole

Manhole merupakan lubang tempat pemeriksaan pipa dari kotoran yang terbawa aliran. Lokasi penempatan manhole sebagai berikut.

- a. Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran.
- b. Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
- c. Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan (*intersection*) dengan pipa atau bangunan lain

Manhole lurus merupakan manhole yang diletakkan pada pipa lurus setiap 75-150 m. Manhole belokan adalah manhole yang diletakkan setiap belokan pipa dengan 2 pipa terhubung manhole. Manhole pertigaan merupakan manhole yang diletakkan setiap 3 percabangan. Manhole perempatan merupakan manhole yang diletakkan setiap 4 percabangan. Drop manhole merupakan manhole yang diletakkan apabila pipa paling atas dan pipa paling bawah yang terhubung dengan manhole selisihnya lebih dari 0,5 m. Tujuan pembuatan drop manhole adalah untuk melindungi dasar manhole supaya tidak mudah rusak akibat aliran air dari selisih pipa yang tinggi. Jenis dan jumlah manhole dapat dilihat pada Tabel 5.43

Tabel 5. 46 Jenis dan Jumlah Manhole Blok 1

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	D terpakai	Jarak Antar Manhole	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
			(m)	(mm)	(m)	Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Dropmanhole	
BLOK 1											
1	B1f-A	Tersier	49.698	110	50	1	1	0	0	0	2
2	B1d-B1a	Tersier	140.0025	110	150	1	1	0	0	0	2
3	B1b-B1a	Tersier	14.7345	110	50	1	0	0	0	1	2
4	A-B1a	Sekunder	278.52	110	150	1	1	0	0	0	2
5	B1a-B	Sekunder	40.8045	110	50	1	0	0	0	0	1
6	B-C	Primer	42.306	110	50	0	0	0	1	0	1
7	C1-C	Sekunder	525.426	110	150	1	0	0	0	0	1
8	C2-C	Sekunder	136.191	110	150	1	0	0	0	0	1
9	C-D	Primer	39.8475	110	50	0	0	0	0	1	1
10	D1b-D1a	Tersier	22.176	110	50	1	0	0	0	0	1
11	D2c-D2a	Tersier	35.805	110	50	1	1	0	0	0	2
12	D2g-D2e	Tersier	45.672	110	50	1	1	0	0	0	2
13	D1-D1a	Sekunder	498.6795	210	125	3	0	0	0	1	4
14	D1a-D	Sekunder	37.818	210	50	0	0	0	0	0	0
15	D2-D2a	Sekunder	40.4085	110	50	1	0	1	0	0	2
16	D2a-D2e	Sekunder	42.3225	110	50	0	0	1	0	0	1
17	D2e-D	Sekunder	30.855	110	50	0	0	0	0	0	0
18	D-E	Primer	38.412	210	50	0	0	1	0	0	1

Tabel 5. 47 Lanjutan

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	D terpakai	Jarak Antar Manhole	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
			(m)	(mm)	(m)	Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Dropmanhole	
BLOK 1											
19	E1b-E1a	Tersier	13.2	110	50	1	0	0	0	0	1
20	E1-E1a	Sekunder	388.1625	110	125	3	0	0	0	1	4
21	E1a-E	Sekunder	32.868	110	50	0	0	1	0	0	1
22	E-F	Primer	32.6205	210	50	0	0	0	1	0	1
23	F1-F	Sekunder	555.8355	110	150	4	0	0	0	0	4
24	F3c-F3	Tersier	99.495	110	125	1	0	0	0	0	1
25	F4-F3	Sekunder	56.83755	110	75	1	0	1	0	0	2
26	F3b-F3a	Tersier	62.9805	110	75	1	0	0	0	0	1
27	F3-F3a	Sekunder	74.60145	110	75	0	0	0	0	1	1
28	F3a-F2	Sekunder	59.235	110	75	0	1	0	0	0	1
29	F2e-F2a	Tersier	51.81	110	75	1	1	0	0	0	2
30	F2c-F2a	Tersier	69.3	110	75	1	1	0	0	0	2
31	F2i-F2f	Tersier	67.65	110	75	1	2	0	0	0	3
32	F2-F2a	Sekunder	38.6331	110	50	0	0	0	0	1	1
33	F2a-F2f	Sekunder	31.5315	110	50	0	0	0	0	1	1
34	F2f-F	Sekunder	49.0545	110	50	0	0	0	0	0	0
35	F-G	Primer	132.231	210	150	0	0	1	0	0	1

Tabel 5. 48 Jenis dan Jumlah Manhole Blok 2

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	D terpakai	Jarak Antar Manhole	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
			(m)	(mm)	(m)	Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Dropmanhole	
BLOK 2											
1	G1c-G1a	Tersier	105.6	110	125	1	1	0	0	0	2
2	G1-G1a	Sekunder	322.41	110	125	2	0	0	0	1	3
3	G1a-G	Sekunder	273.009	110	150	1	0	0	0	0	1
4	G-H	Primer	44.1045	210	50	1	0	0	0	1	2
5	H2g-H2e	Tersier	169.7025	110	150	1	1	0	0	0	2
6	H2d-H2c	Tersier	57.75	110	75	1	0	0	0	0	1
7	H2b-H2a	Tersier	59.4	110	75	1	0	0	0	0	1
8	H1-H2e	Sekunder	343.0185	110	125	2	0	1	0	0	3
9	H2e-H2c	Sekunder	58.74	110	75	0	0	1	0	0	1
10	H2c-H2a	Sekunder	133.5345	110	150	0	0	0	0	1	1
11	H2a-H	Sekunder	47.586	110	50	0	0	0	0	0	0
12	H-H2	Primer	25.08	210	50	0	0	0	0	1	1
13	H4-H3	Sekunder	71.52255	110	100	1	1	0	0	0	2
14	H3b-H3a	Tersier	42.636	110	50	1	0	0	0	0	1
15	H3-H3a	Sekunder	56.8095	110	75	0	0	1	0	0	1
16	H3a-H2	Sekunder	38.478	110	50	0	0	0	0	0	0
17	H2-I	Primer	116.6715	210	125	1	0	0	0	0	1

Tabel 5. 49 Lanjutan

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	D terpakai	Jarak Antar Manhole	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
			(m)	(mm)	(m)	Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Dropmanhole	
BLOK 2											
18	I-J	Primer	38.511	210	50	0	0	1	0	0	1
19	J1c-J1a	Tersier	115.995	110	125	1	1	1	0	0	3
20	J1-J	Sekunder	650.661	110	150	5	0	0	0	0	5
21	J-K	Primer	32.439	210	50	0	0	0	0	1	1
22	K1-K	Sekunder	471.4545	110	150	4	0	0	0	0	4
23	K-K2	Primer	5.8575	310	50	0	0	0	0	1	1
24	K3c-K3a	Tersier	78.705	110	125	1	0	0	0	0	1
25	K3d-K3a	Tersier	65.4225	110	75	1	0	0	0	0	1
26	K3-K3a	Sekunder	101.2275	110	125	1	0	0	0	1	2
27	K3a-K2	Sekunder	37.785	110	50	0	0	1	0	0	1
28	K2-L	Primer	34.155	310	50	0	1	0	0	0	1
29	L-M	Primer	11.55	310	50	0	0	0	1	0	1
30	M1b-M1a	Tersier	16.5	110	50	1	0	0	0	0	1
31	M1-M1a	Sekunder	491.3205	110	150	3	0	0	0	1	4
32	M1a-M	Sekunder	17.16	110	50	0	0	0	0	0	0
33	M-N	Primer	71.1975	310	125	0	0	0	0	1	1

Tabel 5. 50 Jenis dan Jumlah Manhole Blok 3

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	D terpakai	Jarak Antar Manhole	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
			(m)	(mm)	(m)	Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Dropmanhole	
BLOK 3											
1	N1b-N1a	Tersier	27.06	110	50	1	0	0	0	0	1
2	N1d-N1c	Tersier	26.4	110	50	1	0	0	0	0	1
3	N1-N1a	Sekunder	271.5075	110	150	1	0	0	0	1	2
4	N1a-N1c	Sekunder	176.9625	110	125	1	0	0	0	1	2
5	N1c-N	Sekunder	125.235	110	150	0	0	0	0	0	0
6	N-O	Primer	61.875	310	100	0	0	1	0	0	1
7	O1-O2	Sekunder	114.411	110	125	1	1	0	0	0	2
8	O2-O3	Sekunder	13.695	110	50	0	1	0	0	0	1
9	O3b-O3a	Tersier	18.975	110	50	0	0	0	0	0	0
10	O3-O3a	Sekunder	355.74	110	150	2	0	0	0	1	3
11	O3a-O	Sekunder	64.35	110	75	0	0	0	0	0	0
12	O-P	Primer	28.05	310	50	0	0	1	0	0	1
13	P1-P	Sekunder	394.0035	110	150	3	0	0	0	0	3
14	P-P2	Primer	20.46	310	50	0	0	0	0	1	1
15	P3c-P3a	Tersier	55.011	110	75	1	1	0	0	0	2
16	P3g-P3d	Tersier	87.945	110	100	1	2	0	0	0	3
17	P3-P3a	Sekunder	124.1295	110	125	1	1	0	0	0	2
18	P3a-P3d	Sekunder	73.095	110	100	0	1	0	0	0	1
19	P3d-P2	Sekunder	24.915	110	50	0	0	0	0	0	0
20	P2-Q	Primer	54.45	310	125	0	0	0	0	1	1

Tabel 5. 51 Lanjutan

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	D terpakai	Jarak Antar Manhole	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
			(m)	(mm)	(m)	Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Dropmanhole	
BLOK 3											
21	Q1b-Q1a	Tersier	33.297	110	50	1	0	0	0	0	1
22	Q1d-Q1a	Tersier	110.22	110	125	1	1	0	0	0	2
23	Q1g-Q1f	Tersier	36.3	110	50	1	0	0	0	0	1
24	Q1j-Q1h	Tersier	65.3565	110	75	1	1	0	0	0	2
25	Q1m-Q1k	Tersier	36.7125	110	50	1	1	0	0	0	2
26	Q1n-Q1k	Tersier	31.911	110	50	1	0	0	0	0	1
27	Q1-Q1a	Sekunder	37.818	110	50	1	0	0	1	0	2
28	Q1a-Q1f	Sekunder	59.565	110	75	0	0	0	0	1	1
29	Q1f-Q1h	Sekunder	75.735	110	100	0	0	0	0	1	1
30	Q1h-Q1k	Sekunder	77.22	110	100	0	0	0	0	1	1
31	Q1k-Q	Sekunder	27.39	110	50	0	0	0	0	0	0
32	Q-R	Primer	50.82	310	125	0	0	0	0	1	1
33	R1e-R1c	Tersier	90.3045	110	100	1	1	0	0	0	2
34	R1b-R1a	Tersier	80.7345	110	100	1	0	0	0	0	1
35	R1-R1c	Sekunder	22.44	110	50	1	0	1	0	0	2
36	R1c-R1a	Sekunder	147.84	110	150	0	0	1	0	0	1
37	R1a-R	Sekunder	116.82	110	125	0	0	0	0	0	0
38	R-S	Primer	246.7575	410	125	1	1	0	0	0	2
39	S-IPAL	Primer	5.2635	410	50	0	0	0	0	0	0
TOTAL MANHOLE						82	27	16	4	25	154

5.7.2 Stasiun Pompa

Pengaliran air limbah dengan kedalaman mencapai 5-7 m menggunakan pompa. Perencanaan SPAL Tambakwedi menggunakan 1 stasiun pompa pada pipa menuju IPAL. Perhitungan dan penentuan pompa sebagai berikut.

Direncanakan:

Jumlah pompa = 2 setiap stasiun

V air = 1 m/s

Q pipa = 708,86 m³/hari
= 0,0082 m³/s

Head statis = 5,23-1,51 m
= 3,72

Panjang pipa discharge = 4 m

Luas penampang basah (A)

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,0041 \text{ m}^3/\text{s}}{0,8 \text{ m/s}} = 0,005 \text{ m}^2$$

- Diameter pipa

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,005}{3,14}} = 0,08 \text{ m} \approx 110 \text{ mm}$$

Diameter terpakai disesuaikan dengan ketersediaan diameter pipa di pasaran, sehingga digunakan pipa dengan diameter 110 mm

- Cek nilai v

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \frac{0,0041}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,11^2} = 0,43 \text{ m/s}$$

- Menghitung headloss

Mayor Losses

$$H_f \text{ discharge} = \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \text{ pipa}$$

$$= \left(\frac{8,2}{0,00155 \times 120 \times 11^{2,63}} \right)^{1,85} \times 4 \text{ m}$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,43^2}{2 \times 9,81} = 0,0094 \text{ m}$$

$$\text{Hfm belokan (k=0,25)} = k \times \frac{v^2}{2g} = 0,25 \times \frac{0,43^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,0024 \text{ m}$$

$$\text{Hf total} = \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} + \text{Head velocity}$$

$$= 0,03 + 0,0094 + 0,0024$$

$$= 0,0418 \text{ m}$$

$$\text{Head} = \text{Hf total} + \text{Head statis}$$

$$= 0,0418 + 3,72$$

$$= 3,7618 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Power Pompa} = g \times Q \text{ pompa} \times \text{Head} \times \text{densitas}$$

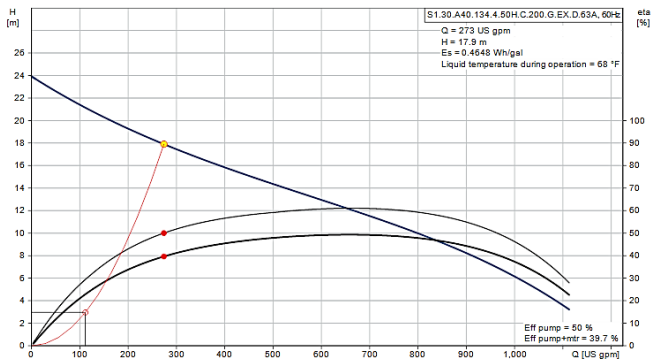
$$= 9,81 \times 0,0041 \text{ m}^3/\text{s} \times (3,76 \text{ m}) \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$= 151 \text{ watt}$$

$$\text{Efisiensi pompa} = 60 \%$$

$$= 41 \text{ watt} / 60 \%$$

$$= 251,7 \text{ watt}$$



Gambar 5. 18 Spesifikasi Pompa SPAL

Pemilihan pompa menggunakan bantuan grafik Pompa Grundfos di www.grundfos.com. Pompa *submersible* yang sesuai dengan debit dan *head* pemompaan adalah jenis pompa Grundfos S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D.63A. *Head* yang dibutuhkan adalah 3,7618 m untuk bisa mengalirkan air menuju unit IPAL.

Spesifikasi pompa sebagai berikut :

Q maksimum = 0,06 m³/s

Head maksimum = 19,2 m

Power = 12 kW

Tipe pompa

Q tiap pompa = 0,0041 m³/s x 3600 s/jam

= 14,76 m³/jam

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 6

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

6.1 Tahap Perencanaan Awal

Tahapan awal merupakan tahap perencanaan yang bertujuan untuk menentukan proses dan unit pengolahan yang akan diterapkan pada IPAL dengan memperhatikan kesesuaian luasan lahan.

6.2 Periode Perencanaan IPAL

Proses perencanaan suatu instalasi pengolahan air limbah ada dua yaitu:

- a. *Initial years* adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan konstruksi bangunan dan bangunan yang siap beroperasi.
- b. *Design years* adalah tahun dimana bangunan mencapai kapasitas yang direncanakan.

Perencanaan penyelenggaraan IPAL jangka panjang merupakan rangkaian dari keseluruhan pembangunan sektor air limbah domestik untuk jangka waktu 20 (dua puluh) tahun. Periode perencanaan yang digunakan adalah 20 tahun mulai tahun 2020 sampai tahun 2040. *Initial years* direncanakan selama 2 tahun termasuk waktu untuk perencanaan, masa tender, dan waktu pembangunan instalasi yang dimulai pada tahun 2019.

6.3 Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Domestik

Kuantitas air limbah yang akan diolah pada instalasi pengolahan air limbah sebagai berikut

- Debit rata-rata = 605,53 m³/hari = 0,007 m³/s
- Debit puncak = 700,44 m³/hari = 0,0081 m³/s
- Debit minimal = 179,87 m³/hari = 0,0021 m³/s

Debit yang digunakan adalah debit rata-rata air limbah supaya kapasitas IPAL mampu menampung beban yang cukup. Kualitas air limbah yang diolah berupa air limbah domestik dan air limbah hasil pengolahan ikan. Hasil analisis sampel laboratorium air limbah domestik dan air limbah hasil pengolahan ikan dapat dilihat pada Tabel 6.1

Tabel 6. 1 Hasil Analisis Laboratorium Air Limbah

Parameter	Satuan	Debit Air Limbah (m ³ /s)		Kualitas Air Limbah			Metode Analisis
		Domestik	Ikan	Domestik	Ikan	Campuran	
BOD	mg/L	541.756	63.774	248	5100	759	Winkler
COD	mg/L			426	10004	1435	Refluks/Tetrimetri
TSS	mg/L			262	2220	468	Gravimetri
pH	mg/L			7.95	7.95	7.95	pHmeter
Minyak dan lemak	mg/L			30	1830	220	Gravimetri
NH ₃ -N (Total)	mg/L			67	1275	194	Kjedhal

Sumber : ^aHasil Analisis, 2018; ^bTugas Akhir Rizki Ismi'raj Destio, 2018

Hasil analisis laboratorium air limbah pengolahan ikan menggunakan data eksisting, sedangkan hasil analisis air limbah domestik merupakan hasil data tugas akhir. Rasio BOD/COD perlu diperhatikan karena merupakan indikator untuk melihat tingkat degradasi air limbah. Rasio BOD/COD pada air limbah domestik tersebut adalah 0,653 di atas 0,5 sehingga dapat diolah menggunakan unit biologis dapat dilakukan. Selain rasio BOD/COD yang perlu diperhatikan adalah rasio BOD:N:P. Pengolahan aerobik menggunakan rasio BOD : N : P dengan rasio 100:5:1 dan pengolahan anaerobik menggunakan rasio BOD : N : P adalah 100:0,5:0,1. Sebelum masuk menuju IPAL, air limbah melewati *greasetrap* pada masing-masing rumah.

6.4 Pemilihan Jenis Pengolahan

Efisiensi *removal* sistem pengolahan merupakan suatu hal yang harus diketahui agar dapat diketahui apakah jenis pengolahan yang ditentukan telah efektif dan efisien. Efisiensi pengolahan dapat dilihat pada Tabel 6.2

Tabel 6. 2 Efisiensi Removal Unit

Unit Pengolahan	Efisiensi Removal (%)				
	TSS	BOD	COD	NH ₃	Minyak dan Lemak
Sumur Pengumpul	-	-	-	-	-
Bar Screen	-	-	-	-	-
Greasetrap	-	-	-	-	95.8 ^a
Bak Ekualisasi	-	-	-	-	-
Anaerobic Baffle Reactor	90 ^b	70-95 ^b	65-95 ^b	-	-
Anaerobic Filter	90.8 ^j	84.7-91 ^c	79.6-95.3 ^c	97 ^d	-
UASB	85-97 ^e	89-98 ^e	96 ^e	87 ^e	-
Biofilter Anaerobik-Aerobik	70.2 ⁱ	95 ^f	94 ^f	10 ⁱ	-
Constructed Wetland	33.3-83.3 ^g	47.4-91.6 ^g	77.6-91.8 ^g	98 ^h	-

Sumber : ^aWongthanate, 2014; ^bQasim, 1985; ^cRazif et al, 2016; ^dAbraham Pano, 1981; ^eUS-EPA, 1992; ^fRakhmadani dan Razif, 2012; ^gPermen PUPR, 2017; ^hMarinela, 2015; ⁱAhmed and Adam, 2007.

Efisiensi *removal* dari masing-masing bangunan kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan karakteristik air limbah yang akan diolah pada Tabel 6.3, Tabel 6.4, dan Tabel 6.5.

Tabel 6. 3 Alternatif Pengolahan 1

Parameter	Inlet	Greasetrap		Bak Ekualisasi		ABR		Biofilter Anaerobik- Aerobik		Baku Mutu
	(mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	(mg/L)
BOD	759.01	-	759.009	-	759.009	70.0%	227.703	95.0%	11.385	30
COD	1434.75	-	1434.747	-	1434.747	85.0%	215.212	94.0%	12.913	100
TSS	468.21	-	468.215	-	468.215	90.0%	46.821	70.2%	13.953	30
NH3	193.82	-	193.816	-	193.816	-	193.816	10.0%	174.435	10
Minyak dan Lemak	219.57	95.8%	9.222	-	9.222	-	9.222	-	9.222	5

Tabel 6. 4 Alternatif Pengolahan 2

Parameter	Inlet	Greasetrap		Sumur Pengumpul		AF		Constructed Wetland		Baku Mutu
	(mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	(mg/L)
BOD	759	-	759	-	759	89.7%	78.2	62.00%	26.6	30
COD	1435	-	1435	-	1435	87.5%	179.3	80.0%	35.9	100
TSS	468	-	468	-	468	90.8%	43.1	90.0%	4.3	30
NH3	194	-	194	-	194	10.4%	173.6	98.0%	3.5	10
Minyak dan Lemak	219.57	95.8%	9.2	-	9.2	-	9.2	-	9.2	5

Tabel 6. 5 Alternatif Pengolahan 3

Parameter	Inlet	Greasetrap		Bak Ekualisasi		UASB		Biofilter Anaerobik-Aerobik		Baku Mutu
	(mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	(mg/L)
BOD	759.01	-	759.009	-	759.009	90%	75.901	95%	3.795	30
COD	1434.75	-	1434.747	-	1434.747	96%	57.390	90%	5.739	100
TSS	468.21	-	468.215	-	468.215	97%	14.046	70%	4.186	30
NH3	193.82	-	193.816	-	193.816	87%	25.196	10%	22.676	10
Minyak dan Lemak	219.57	95.8%	9.222	-	9.222	-	9.222	-	9.222	5

Proses pengolahan yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan dua aspek antara lain aspek teknis dan non teknis. Aspek teknis yaitu kemudahan pengoperasian, ketersediaan SDM, kualitas efluen. Aspek non teknis yaitu ketersediaan lahan dan ketersediaan biaya investasi dan pengoperasian. Metode pemilihan pengolahan dilakukan dengan cara membuat matriks keunggulan dan kerugian dari masing-masing unit pengolahan. Matriks keunggulan dan kerugian dapat dilihat pada Tabel 6.6, Tabel 6.7, dan Tabel 6.8

Tabel 6. 6 Matriks Pemilihan Biaya Investasi dan OM

	Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
		1	2	3	4	
Biaya Investasi dan O.M	Alternatif 1			v		1. Membutuhkan biaya investasi dan OM yang cukup tinggi
	Alternatif 2			v		2. Membutuhkan biaya investasi tinggi namun biaya OM rendah
	Alternatif 3		v			3. Membutuhkan biaya investasi dan OM yang tinggi

Tabel 6. 7 Matriks Pemilihan Kebutuhan Lahan

Kebutuhan Lahan	Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
		1	2	3	4	
	Alternatif 1			v		1. Lahan yang dibutuhkan cukup luas
	Alternatif 2		v			2. Lahan yang dibutuhkan luas
	Alternatif 3				v	3. Lahan yang dibutuhkan tidak luas

Tabel 6. 8 Matriks Pemilihan Kebutuhan SDM

Kebutuhan SDM	Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
		1	2	3	4	
	Alternatif 1			v		1. SDM yang banyak, non keahlian khusus
	Alternatif 2		v			2. SDM yang banyak, non keahlian khusus
	Alternatif 3			v		3. SDM yang sedikit, non keahlian khusus

Skala penilaian yang melihat dari *removal* pengolahan dan juga penilaian dari aspek -aspek yang lain, maka ditetapkan bahwa alternatif kedua adalah jenis pengolahan yang nantinya akan digunakan dalam pengolahan limbah tersebut. Gabungan dari penilaian matriks dapat dilihat pada Tabel 6.9

Tabel 6. 9 Matriks Perbandingan Alternatif

Parameter	ABR + Biofilter Anaerobik-Aerobik	AF + Constructed Wetland	UASB + Biofilter Anaerobik Aerobik
Kualitas effluen	+	++++	+++
Kebutuhan lahan	+++	++	++++
RAB konstruksi	+++	++++	++
Biaya OM	+++	+++	++
Kebutuhan SDM	+++	++	+++
Jumlah Total	13	15	14

Keterangan matriks perbandingan untuk nilai tambah 4 adalah kualitas efluen yang memenuhi baku mutu dan konsentrasi polutan rendah, kebutuhan lahan relatif kecil, biaya konstruksi murah, biaya operasional dan pemeliharaan murah, dan kebutuhan sumber daya manusia untuk perawatan unit relative kecil. Keterangan untuk nilai tambah 3 adalah kualitas efluen memenuhi baku mutu selain ammonia, konsentrasi polutan jauh lebih besar, biaya konstruksi lebih murah, biaya operasional dan pemeliharaan lebih murah, dan kebutuhan SDM tidak memerlukan banyak orang. Keterangan untuk nilai tambah 2 adalah kualitas efluen memenuhi baku mutu selain ammonia, konsentrasi polutan relatif besar, biaya konstruksi relative mahal, biaya operasional dan pemeliharaan relative mahal, dan dibutuhkan SDM untuk melakukan perawatan unit. Keterangan untuk nilai tambah 1 adalah kualitas efluen memenuhi baku mutu selain ammonia, konsentrasi polutan tinggi, biaya konstruksi mahal, biaya operasional dan pemeliharaan mahal, dan dibutuhkan banyak SDM untuk melakukan perawatan unit.

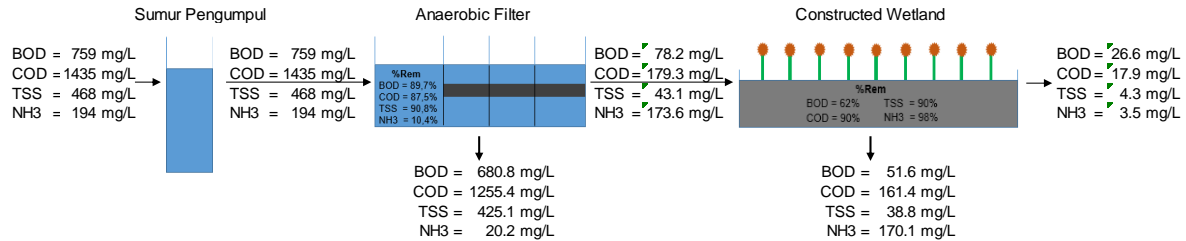
Alternatif 1 menunjukkan bahwa kualitas efluen ammonia jauh dibawah baku mutu, kebutuhan lahan relatif kecil, biaya konstruksi tidak terlalu mahal, biaya operasional murah karena tidak memerlukan pencucian media, dan kebutuhan sumber daya manusia yang sedikit karena tidak membutuhkan pemantauan dan perawatan setiap hari, melainkan hanya saat waktu tertentu.

Alternatif 2 menunjukkan bahwa kualitas efluen telah memenuhi baku mutu, kebutuhan jauh lebih besar, biaya konstruksi tidak mahal karena menggunakan sistem anaerobik, biaya operasional relatif lebih mahal untuk pencucian media filter, dan penyiraman tanaman wetland secara berkala, serta membutuhkan sumber daya manusia untuk perawatan media filter dan penyiraman rutin.

Alternatif 3 menunjukkan bahwa kualitas efluen memenuhi baku mutu dengan konsentrasi ammonia masih di atas baku mutu, kebutuhan lahan tidak luas, biaya konstruksi mahal karena menggunakan sistem aerobik, biaya operasional mahal untuk listrik, namun tidak membutuhkan banyak sumber daya manusia untuk perawatan.

Berdasarkan analisis kelebihan dan kekurangan masing-masing alternative, maka dipilih alternatif 2 dengan pertimbangan efektivitas biaya dan kualitas air efluen. Desain unit IPAL alternatif 2 dapat dikelola oleh pihak pemerintah kota maupun masyarakat karena dibutuhkan staff non ahli untuk melakukan penyiraman tanaman. Air limbah melalui greasetrap rumah tangga kemudian dialirkan lewat pipa SPAL. Air dari sistem penyaluran air limbah masuk ke unit IPAL untuk diolah lebih lanjut. Diagram alir alternatif beserta nilai parameter dapat dilihat pada Gambar 6.1.

Gambar 6. 1 Diagram Alir Alternatif Terpilih



Kriteria Perencanaan

Sumur Pengumpul

td \leq 10 menit

Greasetrap

td = 30-60 menit

Anaerobic Filter

Kriteria desain *Anaerobic Filter* berdasarkan Sasse (2009):

OLR $< 4,5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}$

Rasio SS/COD $= 0,35-0,45$

V up $< 2 \text{ m/jam}$

HRT $= 24-48 \text{ jam}$

Void filter mass $= 30-45\%$

Rasio MLVSS/MLSS $= 0,8-0,9$

MLSS $= 1000-3000 \text{ mg/L}$

Constructed Wetland

BOD inlet $= 40-50 \text{ mg/L}$

Removal TSS $= 60 - 75\%$

Removal BOD oleh media $= 75 - 98\%$

Removal BOD yang dibantu dengan adanya tanaman $= 4,4\%$

HLR $< 0,1 \text{ m/hari}$

OLR $< 10 \text{ g/m}^2 \text{ BOD}$

6.5 Tahap Perencanaan Teknik Terinci

Tahapan perencanaan bertujuan untuk menghitung proses dan unit pengolahan IPAL.

6.5.1 Greasetrap Rumah Tangga Tipikal 1

Greasetrap rumah tangga merupakan salah satu unit pengolahan air limbah pertama yang terletak pada masing-masing rumah dan berfungsi untuk menyisihkan minyak dan lemak. *Greasetrap* tipikal 1 melayani air limbah domestik berupa air limbah kakus dan non kakus. Waktu detensi *greasetrap* berdasarkan kriteria desain adalah 30-60 menit. Perhitungan *greasetrap* dapat dilihat sebagai berikut.

Direncanakan :

- Q peak = 1,16 m³/hari
- Kedalaman rencana (H) = 0,6 m
- td = 45 menit
- Konsentrasi minyak dan lemak = 220 mg/L
- %Rem minyak dan lemak = 95,8%
- Baku mutu = 5 mg/L
- v pipa = 0,6 m/s
- Diameter pipa influen dan pipa effluen sama
- Panjang pipa = 0,5 m

Perhitungan :

- Volume = Q x td
= 1,16 m³/hari x 45 menit
= $\frac{1,16 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 45 \text{ menit}}{24 \times 60 \text{ menit/hari}}$
= 0,03625 m³
- Luas (A) = $\frac{\text{Volume}}{H}$
= $\frac{0,03625 \text{ m}^3}{0,5 \text{ m}}$
= 0,073 m²
- A = $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$\begin{aligned}
 0,073 &= \frac{1}{4}\pi D^2 \\
 D^2 &= 0,1 \\
 D &= 0,32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Konsentrasi outlet $= (100-95,8)\% \times 220 \text{ mg/L}$
 $= 9,24 \text{ mg/L}$ (memenuhi)
- Diameter pipa influen dan effluen
 - $Q = \frac{1,16 \text{ m}^3/\text{hari}}{86400 \text{ s/hari}} = 0,000013 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Luas tiap pipa (A) $= \frac{Q}{v} = \frac{0,000013 \text{ m}^3/\text{s}}{0,3 \text{ m/s}} = 0,000044 \text{ m}^2$
 - Diameter pipa (D) $= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,000044}{3,14}} = 0,008 \text{ m} \approx 8 \text{ mm}$

Pipa inlet dan outlet yang digunakan dengan diameter 22 mm sesuai pipa minimum yang tersedia.

- Cek kecepatan aliran (v) $= \frac{Q}{A} = \frac{0,000013 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times 3,14 \times 0,022 \times 0,022} = 0,034 \text{ m/s}$

6.5.2 Greasetrap Rumah Tangga Tipikal 2

Greasetrap rumah tangga tipikal 2 merupakan bak penangkap lemak yang melayani air limbah domestik dan air limbah hasil cuci ikan. Waktu detensi *greasetrap* berdasarkan kriteria desain adalah 30-60 menit. Perhitungan *greasetrap* dapat dilihat sebagai berikut.

Direncanakan :

- $Q = 4,45 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Kedalaman rencana (H) $= 0,6 \text{ m}$
- td $= 45 \text{ menit}$
- Konsentrasi minyak dan lemak $= 220 \text{ mg/L}$

- %Rem minyak dan lemak = 95,8%
- Baku mutu = 5 mg/L
- v pipa = 0,6 m/s
- Diameter pipa influen dan pipa efluen sama
- Panjang pipa = 0,5 m

Perhitungan :

- Volume = $Q \times t_d$
 $= 4,45 \text{ m}^3/\text{hari} \times 45 \text{ menit}$
 $= \frac{4,45 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 45 \text{ menit}}{24 \times 60 \text{ menit/hari}}$
 $= 0,14 \text{ m}^3$
- Luas (A) = $\frac{\text{Volume}}{H}$
 $= \frac{0,14 \text{ m}^3}{0,6 \text{ m}}$
 $= 0,233 \text{ m}^2$
- A = $\frac{1}{4}\pi D^2$
 $0,233 = \frac{1}{4}\pi D^2$
 $D^2 = 0,3$
 $D = 0,55 \text{ m}$
- Konsentrasi outlet = $(100-95,8)\% \times 220 \text{ mg/L}$
 $= 9,24 \text{ mg/L}$ (memenuhi)
- Diameter pipa influen dan efluen
 - Q = $\frac{4,45 \text{ m}^3/\text{hari}}{86400 \text{ s/hari}}$
 $= 0,000052 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Luas tiap pipa (A) = $\frac{Q}{v} = \frac{0,000052 \text{ m}^3/\text{s}}{0,3 \text{ m/s}}$
 $= 0,0002 \text{ m}^2$
 - Diameter pipa (D) = $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0002}{3,14}}$
 $= 0,02 \text{ m} \approx 20 \text{ mm}$

Pipa inlet dan outlet yang digunakan dengan diameter 22 mm sesuai pipa minimum yang tersedia.

$$\begin{aligned}
 - \text{ Cek kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0,000052 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times 3,14 \times 0,022 \times 0,022} \\
 &= 0,14 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

6.5.3 Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul merupakan bak penampung air limbah dari pipa SPAL dan tempat meletakkan *screen* sebelum air limbah masuk ke unit pengolahan.

Diketahui:

$$Q = 605,53 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{peak}} = 1855,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{min}} = 380 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$[BOD_{in}] = 759 \text{ mg/L}$$

Direncanakan:

- H = 3 m
- Fb = 0,3 m
- Tebal dinding = 0,25 m
- v = 0,6 m/s
- P:L = 2:1

Perhitungan:

- $Q = \frac{605,53}{24} = 25,23 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Massa BOD = $[BOD_{in}] \times Q$
 $= 759 \text{ mg/L} \times 25,23 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \times 10^3 \text{ L/m}^3$
 $= 19,15 \text{ kg/jam}$

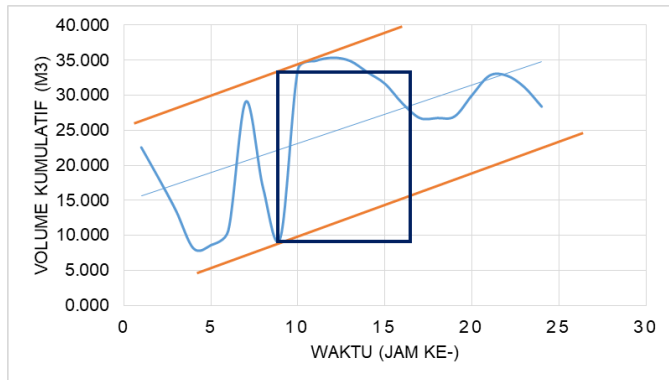
Hasil perhitungan V kumulatif dan massa BOD berdasarkan data eksisting dapat dilihat pada Tabel 6.10

Tabel 6. 10 Data Fluktuasi Debit Air Limbah

Waktu (Jam ke-)	Q rata-rata (m ³ /jam)	BOD rata-rata (mg/L)	V kumulatif (m ³)	Massa BOD (kg/jam)
24.00-01.00	22.565	668.08	22.565	13.381
01.00-02.00	18.145	512.19	40.710	8.216
02.00-03.00	13.492	334.04	54.202	3.986
03.00-04.00	10.701	222.69	64.903	2.115
04.00-05.00	8.607	200.42	73.510	1.505
05.00-06.00	8.142	267.23	81.652	1.912
06.00-07.00	9.770	400.85	91.423	3.457
07.00-08.00	16.749	579.00	108.172	8.582
08.00-09.00	29.078	779.42	137.250	20.011
09.00-10.00	33.731	890.77	170.981	26.519
10.00-11.00	34.894	957.58	205.875	29.488
11.00-12.00	35.359	979.84	241.235	30.586
12.00-13.00	34.894	979.84	276.129	30.179
13.00-14.00	33.266	935.31	309.395	27.454
14.00-15.00	31.637	890.77	341.032	24.892
15.00-16.00	28.846	846.23	369.878	21.557
16.00-17.00	26.752	801.69	396.630	18.954
17.00-18.00	26.752	757.15	423.382	17.896
18.00-19.00	26.985	779.42	450.367	18.587
19.00-20.00	30.009	935.31	480.376	24.770
20.00-21.00	32.800	1247.08	513.177	36.117
21.00-22.00	32.800	1358.42	545.977	39.331
22.00-23.00	31.172	1091.19	577.149	30.017
23.00-24.00	28.381	801.69	605.530	20.092
Rata-rata	25.230	759.01		19.15009457

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan Tabel 6.9, kemudian *diplot* volume kumulatif (sumbu y) dan waktu selama 24 jam (sumbu x) dalam sebuah kurva. Nilai *slope* merupakan representasi dari debit harian rata-rata. Nilai *slope* merupakan hasil dari proses ekualisasi debit. Hasil *plot* volume kumulatif dan waktu dapat dilihat pada Gambar 6.2



Gambar 6. 2 Hasil Plot Volume Kumulatif dan Waktu

Volume bak ekualisasi merupakan representasi dari garis tegak pada grafik. Perhitungan volume bak ekualisasi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 34 \text{ m}^3 - 9 \text{ m}^3 \\ &= 25 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Direncanakan :

$$\text{- Kedalaman bak} = 3 \text{ m}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{- } A &= \frac{\text{Volume}}{h} \\ &= \frac{25 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} \\ &= 8,33 \text{ m}^2 \\ \text{- Direncanakan } P:L &= 2:1 \\ A &= 2L^2 \\ 8,33 &= 2L^2 \\ L &= \sqrt{\frac{8,33}{2}} \\ &= 2 \text{ m} \\ P &= 2 \times 2 \text{ m} = 4 \text{ m}\end{aligned}$$

- H total = H + *freeboard*
 = 3 m + 0,3 m
 = 3,3 m
- Perhitungan td bangunan
 Td = $\frac{Volume}{Q}$
 = $\frac{25 \text{ m}^3}{605,53 \text{ m}^3/\text{s}}$
 = 0,04 hari
 = 0,96 jam
- Perhitungan h air minimum
 Q = $\frac{A \cdot h}{t}$
 19,15 m³/jam = $\frac{8,33 \times h}{0,96}$
 h = 2,2 m

Indicator level berfungsi untuk mendeteksi aliran air berdasarkan ketinggian air. Air akan terpompa secara otomatis apabila kedalaman air diatas 2,2 m dan pemompaan akan berhenti apabila kedalaman air berada dibawah *Low Water Level/ (LWL)*.

Memasukkan data volume air limbah di bak ekualisasi pada akhir waktu tertentu dengan rumus berikut:

$$V_{sc} = V_{sp} + V_{ic} + V_{oc}$$

V_{sc} = volume di bak ekualisasi pada akhir waktu sekarang

V_{sp} = volume di bak ekualisasi pada akhir waktu sebelumnya

V_{ic} = volume debit masuk pada waktu sekarang

V_{oc} = volume debit keluar pada waktu sekarang

Perhitungan :

- $V_{oc} = 19,15 \text{ m}^3$
- Berdasarkan Gambar 6.1, waktu saat bak ekualisasi kosong dimulai pada periode 9-10
- Periode 9-10
 $V_{sc} = 0 + 33,731 \text{ m}^3 - 19,15 \text{ m}^3 = 14,581 \text{ m}^3$
- Periode 10-11
 $V_{sc} = 8,501 + 34,894 \text{ m}^3 - 19,15 \text{ m}^3 = 24,245 \text{ m}^3$

Perhitungan ekualisasi BOD dapat dilihat pada Tabel 6.11.

Tabel 6. 11 Perhitungan Ekualisasi BOD

Waktu (Jam ke-)	V sebelum (m3)	V sekarang (m3)	BOD rata-rata (mg/L)	BOD terekualisasi (mg/L)	Massa BOD terekualisasi (kg/jam)
09.00-10.00	33.731	8.501	890.77	170.98	0.171
10.00-11.00	34.894	18.164	957.58	803.49	0.803
11.00-12.00	35.359	28.293	979.84	920.00	0.920
12.00-13.00	34.894	37.957	979.84	953.05	0.953
13.00-14.00	33.266	45.992	935.31	944.76	0.945
14.00-15.00	31.637	52.399	890.77	922.76	0.923
15.00-16.00	28.846	56.015	846.23	895.59	0.896
16.00-17.00	26.752	57.537	801.69	865.24	0.865
17.00-18.00	26.752	59.058	757.15	830.93	0.831
18.00-19.00	26.985	60.813	779.42	814.78	0.815
19.00-20.00	30.009	65.591	935.31	854.60	0.855
20.00-21.00	32.800	73.161	1247.08	985.44	0.985
21.00-22.00	32.800	80.731	1358.42	1100.90	1.101
22.00-23.00	31.172	86.673	1091.19	1098.19	1.098
23.00-24.00	28.381	89.823	801.69	1025.05	1.025
24.00-01.00	22.565	87.158	668.08	953.38	0.953
01.00-02.00	18.145	80.072	512.19	877.36	0.877
02.00-03.00	13.492	68.334	334.04	799.01	0.799
03.00-04.00	8.142	51.246	222.69	737.65	0.738
04.00-05.00	8.607	34.623	200.42	660.40	0.660
05.00-06.00	10.701	20.093	267.23	567.57	0.568
06.00-07.00	29.078	23.941	400.85	468.97	0.469
07.00-08.00	16.749	15.460	579.00	514.26	0.514
08.00-09.00	9.770	0.000	779.42	616.95	0.617
Rata-Rata					0.808

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan konsentrasi BOD effluen selama 24 jam menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$X_{oc} = \frac{V_{ic}.X_{ic})+(V_{sp}.X_{sp})}{V_{ic}+V_{sp}}$$

Keterangan :

X_{oc} = Konsentrasi BOD influen (mg/L)

X_{ic} = Konsentrasi BOD efluen (mg/L)

X_{sp} = Konsentrasi BOD di bak penyimpanan (mg/L)

V_{ic} = Volume influen (m³)

V_{sp} = Volume efluen (m³)

Perhitungan :

- Periode 9-10

$$X_{oc} = \frac{(33,731 \text{ m}^3 \times 890,71 \text{ mg/L}) + (0 \times 0)}{33,731 \text{ m}^3} = 890,71 \text{ mg/L}$$

- Periode 10-11

$$X_{oc} = \frac{(33,731 \text{ m}^3 \times 890,71 \text{ mg/L}) + (8,501 \text{ m}^3 \times 170,98 \text{ mg/L})}{33,731 \text{ m}^3 + 8,501 \text{ m}^3} = 173,82 \text{ mg/L}$$

Perhitungan massa BOD selama 24 jam menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Beban massa BOD (kg/jam)} = \frac{X_{oc} \left(\frac{g}{m^3} \right) + Q \left(\frac{m^3}{s} \right) (3600 \frac{s}{jam})}{1000 \text{ g/kg}}$$

Perhitungan :

$$\text{- Periode 9-10} = \frac{170,98 \left(\frac{g}{m^3} \right) + 19,15 \left(\frac{m^3}{jam} \right)}{1000 \text{ g/kg}} = 0,19 \text{ kg/jam}$$

Perhitungan rasio beban massa BOD yang telah terekualisasi ataupun tidak dapat dihitung menggunakan rasio tiga kondisi

yaitu $\frac{peak}{rata-rata}, \frac{minimum}{rata-rata}, \frac{peak}{minimum}$. Perhitungan rasio massa BOD dapat dilihat pada Tabel 6.12.

Tabel 6. 12 Perhitungan Rasio Massa BOD

Rasio	Massa BOD	
	Tanpa Ekualisasi	Ekualisasi
$\frac{Peak}{Rata - rata}$	$\frac{39,331}{19,15} = 2,0538$	$\frac{1,101}{0,808} = 1,363$
$\frac{Minimum}{Rata - rata}$	$\frac{1,505}{19,15} = 0,0786$	$\frac{0,171}{1,808} = 0,095$
$\frac{Peak}{Minimum}$	$\frac{39,331}{1,505} = 26,134$	$\frac{1,101}{0,171} = 6,439$

Sumber : Hasil perhitungan

Setelah mengetahui dimensi bak ekualisasi, kemudian dilakukan perhitungan pompa untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan. Pompa berfungsi untuk mengalirkan air secara konstan dari bak ekualisasi ke unit IPAL selanjutnya. Menurut Rosidi (2016), terdapat 2 hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa, antara lain:

- Kecepatan air dalam pipa < 2 m/detik untuk mencegah penggerusan dalam pipa.
- Pompa yang digunakan adalah pompa *submersible* untuk air limbah.

Dalam perencanaan ini, tidak didesain pompa pada efluen bak ekualisasi untuk meminimalisasi biaya. Pemompaan guna

menjamin kecepatan air dapat mengalir kontinyu dengan merancang pompa pada sumur pengumpul mempertimbangkan total *headloss* hingga akhir unit pengolahan.

Direncanakan :

- Kecepatan air di pipa = 0,6 m/s
- Q = 605,53 m³/hari = 0,007 m³/s
- L discharge = 2 m

Perhitungan pipa influen dan efluen:

- Luas penampang basah (A)

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,007 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \text{ m/s}} = 0,012 \text{ m}^2$$

- Diameter pipa

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,012}{3,14}} = 0,123 \text{ m} \approx 110 \text{ mm}$$

Diameter terpakai disesuaikan dengan ketersediaan diameter pipa di pasaran, sehingga digunakan pipa dengan diameter 216 mm

- Cek nilai v

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \frac{0,007}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,11^2} = 0,737 \text{ m/s}$$

- Menghitung headloss

Mayor Losses

$$\begin{aligned} H_f \text{ discharge} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \text{ pipa} \\ &= \left(\frac{7}{0,00155 \times 120 \times 11^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \text{ m} \\ &= 0,014 \text{ m} \end{aligned}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,737^2}{2 \times 9,81} = 0,028 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Hfm belokan (k=0,25)} &= k \times \frac{v^2}{2g} = 0,25 \times \frac{0,737^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,007 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf total} &= \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} + \text{Head velocity} \\ &= 0,014 + 0,028 + 0,007 \\ &= 0,049 \text{ m} \end{aligned}$$

6.5.4 Screen

Screen bertujuan untuk menahan padatan / sampah supaya tidak masuk ke pipa influen menuju *greasetrap*. Pemasangan *screen* dilakukan sebelum air dialirkan menuju *greasetrap* supaya sampah yang berukuran besar tidak menyumbat pipa yang masuk menuju *greasetrap*. Penyumbatan pada pipa akan menurunkan efisiensi unit. Dalam perencanaan ini, *screen* yang direncanakan adalah *screen* berbentuk batang.

Direncanakan :

- V_{screen} = 0,6 m/s
- Kemiringan *screen* terhadap sungai = 60°
- Q = 605,53 m³/hari
= 0,007 m³/s
- Bentuk = batang
- Lebar bukaan = 30 mm = 0,03 m
- Tebal besi (w) = 10 mm = 0,01 m
- Kedalaman bar = 3,5 m
- Lebar screen= Lebar saluran = 2 m

Perhitungan :

- Lebar = $(n \times w) + ((n+1)b)$
2 = $(n \times 0,01) + ((n+1) 0,03)$
n = 43 buah

- Jumlah bukaan antar bar (s) = Jumlah bar + 1 = 44 buah
- Lebar bukaan antar bar total (Lt) = $(n+1) \times b$
 $= 44 \times 0,03 = 1,32 \text{ m}$
- Panjang kisi yang terendam air = 3 m
- Koefisien efisiensi = $\frac{Lt}{B} \times 100\%$
 $= \frac{1,32}{2} \times 100\%$
 $= 66\%$
- Vs saat bersih = $\frac{\text{Debit air baku}}{\text{Luas bukaan}}$
 $= \frac{\text{Debit air baku}}{\text{Lebar bukaan} \times \text{panjang kisi terendam air}}$
 $= \frac{0,007 \text{ m}^3/\text{s}}{1,32 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 0,0018 \frac{\text{m}}{\text{detik}}$
- Saat 50% tersumbat
 Lebar bukaan 50% = 50% x Lt
 $= 50\% \times 1,32 = 0,66 \text{ m}$
- Vs 50% = 50% x Vs bersih
 $= 50\% \times 0,0018 \text{ m/s} = 0,0009 \text{ m/detik}$
- Hf normal = $\beta \times \left[\frac{w \times n}{b(n+1)} \right]^{\frac{4}{3}} \times \left[\frac{vs^2}{2g} \right] \times \sin \alpha$
 $= 1,67 \times \left[\frac{0,01 \times 43}{2(43+1)} \right]^{\frac{4}{3}} \times \left[\frac{0,0018^2}{2 \times 9,81} \right] \times \sin 60$
 $= 2 \times 10^{-10} \text{ m}$

6.5.5 Pompa Sumur Pengumpul

Pompa sumur pengumpul bertujuan untuk memompa air sesuai dengan *head* yang dibutuhkan supaya air limbah dapat mengalir hingga akhir unit pengolahan. Pompa menggunakan *indicator level* sehingga akan secara otomatis berhenti memompa apabila ketinggian air pada sumur pengumpul telah mencapai batas minimum level ketinggian air.

Direncanakan:

- Jumlah pompa = 2 buah
- V air pada pipa = 0,737 m/s
- Q pipa = 605,53 m³/hari

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Td = 5 menit

Perhitungan pipa *discharge*

- Luas tiap pipa (A)
$$= \frac{Q}{v} = \frac{0,007 \text{ m}^3/\text{s}}{0,737 \text{ m/s}} = 0,0095 \text{ m}^2$$

- Diameter pipa (D)
$$= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0095}{3,14}} = 0,11 \text{ m} \approx 110 \text{ mm}$$

- Cek kecepatan aliran (v)
$$= \frac{Q}{A} = \frac{0,007 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times 3,14 \times 0,11 \times 0,11} = 0,737 \text{ m/s}$$

(memenuhi)

Perhitungan Pemompaan

- Q tiap pompa = 0,007 m³/s

- *Head statis* = 2,83 m

- Panjang pipa *discharge* = 5 m

Densitas = 1000 kg/m³

Power Pompa = $g \times Q \text{ pompa} \times H_f \text{ total} \times \text{densitas}$

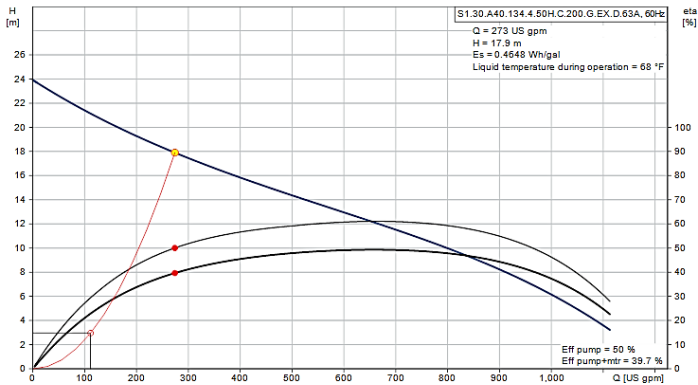
$$= 9,81 \times 0,00873 \text{ m}^3/\text{s} \times 2,9 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$= 248,4 \text{ watt}$$

Efisiensi pompa = 60 %

$$= 248,4 \text{ watt} / 60 \%$$

$$= 414 \text{ watt}$$



Gambar 6. 3 Spesifikasi Pompa Sumur Pengumpul

Pemilihan pompa menggunakan bantuan grafik Pompa Grundfos di www.grundfos.com. Pompa *submersible* yang sesuai dengan debit dan *head* pemompaan adalah jenis pompa Grundfos S1.30.A40.134.4.50H.C.200.G.EX.D.63A. *Head* yang dibutuhkan adalah 2,958 m untuk bisa mengalirkan air menuju unit pengolahan terakhir.

Spesifikasi pompa sebagai berikut :

Q maksimum = 0,06 m³/s

Head maksimum = 19,2 m

Power = 12 kW

Tipe pompa

Q tiap pompa = 0,00873 m³/s x 3600 s/jam
= 31,428 m³/jam

Head Pompa = *Head* statis + *Headloss* + Sisa tekan
= 4,685 + 0,158 + 0,15
= 4,993 m

6.5.6 Anaerobic Filter

Anaerobic Filter merupakan pengolahan biologis pertumbuhan melekat sehingga menggunakan media. Media yang akan digunakan jenis sarang tawon berbahan plastik. Aliran air dalam AF adalah bawah ke atas melalui media batuan sehingga filternya terendam secara keseluruhan. Mikroorganisme anaerobik terakumulasi pada bagian kosong di antara batuan sehingga air limbah dapat kontak dengan biomassa aktif yang luas ketika melalui filter.

Kriteria Desain berdasarkan Sasse, 2009

Kecepatan *upflow* (v_{up}) = <2 m/jam

HRT = 24-48 jam

Beban organik (OLR) = <4,5 kg COD/m³/hari

Diketahui :

- $Q = 605,53 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$
- $BOD_{in} = 759 \text{ mg/L}$
- $COD_{in} = 1435 \text{ mg/L}$
- $TSS_{in} = 468 \text{ mg/L}$
- $NH_3 = 194 \text{ mg/L}$

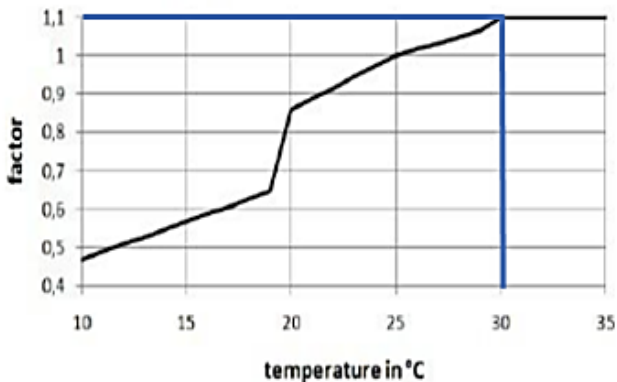
Direncanakan :

- Jumlah unit = 2 unit
- Waktu pengaliran = 24 jam
- *td anaerobic filter* = 36 jam
- Waktu pengurasan = 2 tahun = 24 bulan
- Rasio SS/COD = 0,4 (Sasse, 2009)
- OLR = 4 kg COD/m³.hari
- Porositas media = 98% (Said, 2005)
- *Void filter mass* = 40%
- Jumlah kompartemen (n) = 3 buah
- Kedalaman tangki (H) = 3 m
- Jarak dasar = 0,5 m

- fb = 0,3 m
- Suhu = 30°C
- Rasio MLVSS/MLSS = 0,8
- MLSS = 1000 mg/L
- Y = 0,5
- Kd = 0,1 vss/g vss.hari
- SRT = 10 hari

Perhitungan :

- Menghitung penyisihan kompartemen AF
Menurut Sasse (2009), pengolahan anaerobik akan berjalan optimal pada rentang suhu 25°C-35°C. Pada perencanaan ini digunakan suhu air limbah 30°C sehingga diperoleh f temperatur yang dapat dilihat pada Gambar 6.4

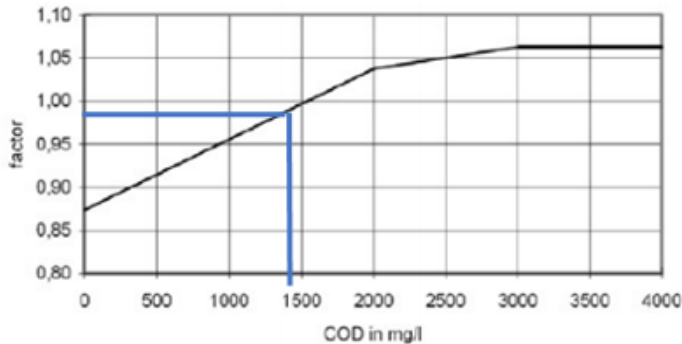


Gambar 6. 4 Hubungan Penyisihan COD dengan Suhu

Sumber : Sasse (2009)

Perhitungan faktor untuk suhu 30°C memiliki nilai faktor temperatur (f temperatur) sebesar 1,1. Perhitungan efisiensi penyisihan pada *Anaerobic Filter* juga memperhatikan beban

air limbah. Grafik hubungan beban polutan (CODin) dan efisiensi penyisihan dapat dilihat pada Gambar 6.5.



Gambar 6. 5 Hubungan COD dengan CODin

Sumber : Sasse (2009)

Perhitungan faktor untuk CODin sebesar 1435 mg/L menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 f \text{ strength} &= \text{CODin} \times \frac{0,17}{2000} + 0,87 \\
 &= 1435 \text{ mg/L} \times \frac{0,17}{2000} + 0,87 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Perhitungan faktor untuk CODin sebesar 1435 mg/L memiliki nilai faktor 1. Pengolahan *Anaerobic Filter* berkaitan dengan kontak media yang digunakan. Semakin besar luas media maka akan meningkatkan efisiensi dari pengolahan. Grafik hubungan antara luas permukaan media dengan penyisihan COD dapat dilihat pada Gambar 6.6.

- Menghitung volume efektif media
 Jumlah unit = 2 unit AF

$$Q \text{ per unit} = \frac{Q}{2} = \frac{605,53 \text{ m}^3/\text{hari}}{2} = 302,77 \text{ m}^3/\text{hari}$$

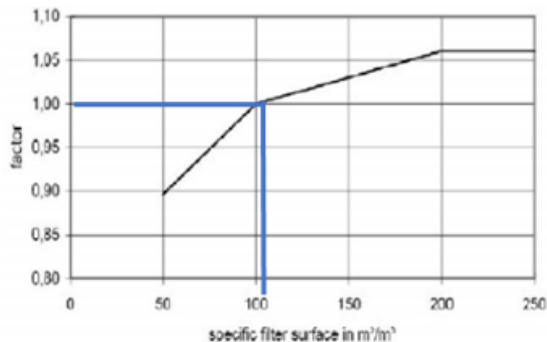
$$Q \text{ per jam} = \frac{Q_{\text{per unit}}}{\text{waktu pengaliran}} = \frac{302,77 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam}} = 12,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{OLR} = 4 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume media} &= \frac{Q \times \text{CODin}}{\text{OLR}} \\ &= \frac{12,6 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1435 \text{ mg/L}}{4 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}} \\ &= 4520,25 \times 10^{-3} \times 24 \\ &= 108,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V \text{ up rencana} = 1 \text{ m/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas media} &= \frac{\text{Volume media}}{v \text{ up rencana}} \\ &= \frac{108,5 \text{ m}^3}{1 \text{ m/jam}} \\ &= 108,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 6. 6 Hubungan Penyisihan COD dengan Luas Permukaan Media

Sumber : Sasse (2009)

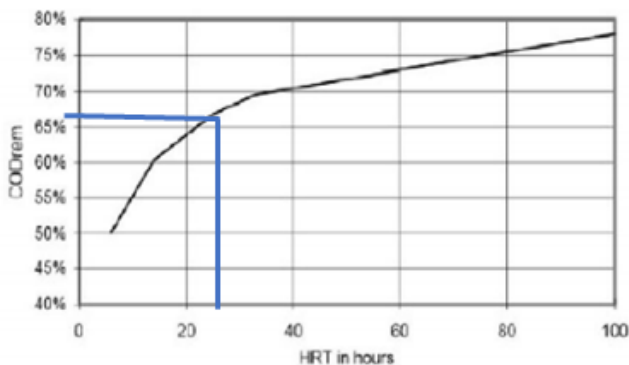
Perhitungan faktor untuk luas media sebesar 108,5 m² menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$f \text{ strength} = (\text{Luas media} - 100) \times \frac{0,06}{100} + 1$$

$$= (108,5-100) \times \frac{0,06}{100} + 1$$

$$= 1$$

Perhitungan faktor untuk luas media filter sebesar 108,5 m² menghasilkan nilai *f surface* yaitu sebesar 1. Pengolahan Anaerobik Filter juga memiliki hubungan dengan HRT dapat dilihat pada Gambar 6.7.



Gambar 6. 7 Hubungan Penyisihan COD dengan HRT

Perhitungan faktor untuk HRT sebesar 24 jam menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$f \text{ HRT} = (\text{HRT}-24) \times \frac{0,03}{9} + 0,67$$

$$= (36-24) \times \frac{0,03}{9} + 0,67$$

$$= 0,71$$

Perhitungan faktor untuk HRT sebesar 24 jam menghasilkan nilai faktor 0,67. Persen penyisihan COD pada *Anaerobic Filter* menggunakan persamaan berikut.

$$\%R \text{ COD} = f \text{ temperatur} \times f \text{ strength} \times f \text{ surface} \times f \text{ HRT} \times (1+(n \times 0,04))$$

$$= 1,1 \times 1 \times 1 \times 0,71 \times (1+(3 \times 0,04))$$

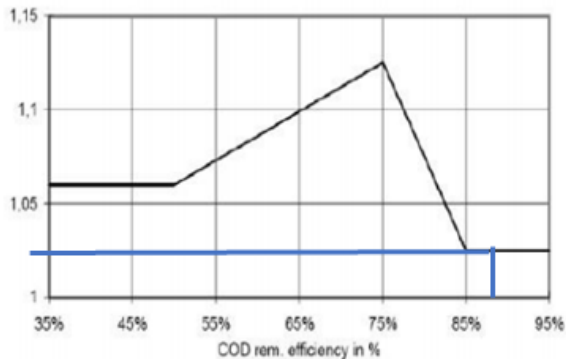
$$= 87,5 \%$$

$$\text{COD ef AF} = \text{COD in} \times (1-\%R \text{ COD})$$

$$= 1435 \text{ mg/L} \times 12,5\%$$

$$= 179,4 \text{ mg/L}$$

Penyisihan BOD dapat dihitung berdasarkan hubungan penyisihan COD dengan penyisihan BOD yang dapat dilihat pada Gambar 6.8.



Gambar 6. 8 Hubungan Penyisihan COD dengan Penyisihan BOD

Sumber : Sasse (2009)

Perhitungan faktor untuk *%Removal* COD sebesar 87,5% menghasilkan nilai faktor sebesar 1,025 dan dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$\text{BOD rem} = \text{COD rem} \times \text{faktor}$$

$$= 87,5\% \times 1,025$$

$$= 89,7\%$$

$$\text{BOD ef AF} = \text{BOD in AF} \times (1 - \%R \text{ BOD})$$

$$= 759 \text{ mg/L} \times (100 - 89,7\%)$$

$$= 78,2 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD rem} = 759 \text{ mg/L} - 78,2 \text{ mg/L}$$

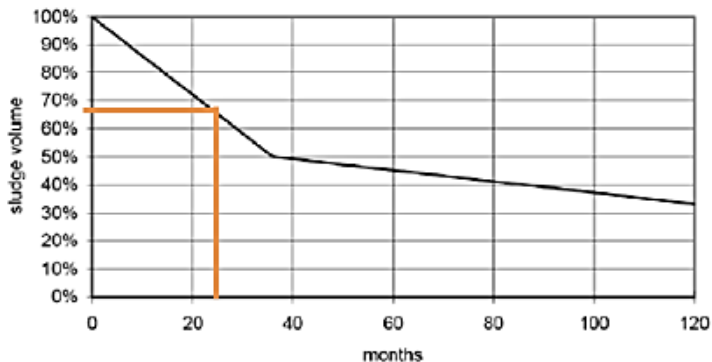
$$= 680,8 \text{ mg/L}$$

$$\%TSS \text{ rem} = 90,8\%$$

$$\text{TSS ef AF} = \text{TSS in AF} \times (1 - \%R \text{ TSS})$$

$$= 468 \text{ mg/L} \times (1 - 90,8\%)$$

$$= 43 \text{ mg/L}$$



Gambar 6. 9 Hubungan Penyisihan COD dengan Penyisihan BOD

Gambar 6.9 menunjukkan hubungan antara waktu pengurasan lumpur dengan volume lumpur yang dihasilkan. Waktu pengurasan lumpur ditentukan selama 2 tahun sekali.

Perhitungan volume lumpur dari waktu pengurasan lumpur sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\% \text{Vol lumpur} &= 1 - (\text{HRT} \times 0,014) \\ &= 1 - (24 \times 0,014) \\ &= 66,4\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{- } Q \text{ per unit} &= \frac{Q}{2} = \frac{605,53 \text{ m}^3/\text{hari}}{2} = 302,77 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{- } Q \text{ per jam} &= \frac{Q_{\text{per unit}}}{\text{waktu pengaliran}} = \frac{302,77 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam}} = 12,6 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

- Menghitung zona tangki septik

$$\begin{aligned}\text{Volume AF} &= Q \times t_d \text{ AF} \\ &= 12,6 \text{ m}^3/\text{jam} \times 36 \text{ jam} \\ &= 453,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\text{Lumpur}}{\text{BOD rem}} &= 0,005 \times 66,4\% \\ &= 0,00332 \text{ L/gr BODrem} \\ \text{V lumpur BOD} &= 0,00332 \times 655 \text{ mg/L} \\ &= 0,00217 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{V lumpur tot} &= 0,00217 \text{ m}^3 \times 24 \text{ bulan} \times 453,6 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 23,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{V tot} &= \text{Vol AF} + \text{V lumpur tot} \\ &= 302,4 \text{ m}^3 + 23,6 \text{ m}^3 \\ &= 326 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \text{V tot}/H \\ &= 326 \text{ m}^3/3\text{m} \\ &= 109 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P:L &= 3:1 \\ A_s &= 3 \times L^2 \\ L &= 6 \text{ m} \\ P &= 18 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{- Menghitung volume efektif media} \\ \text{OLR} &= 4 \text{ kg COD}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}\end{aligned}$$

$$\text{Volume media} = \frac{Q \times \text{COD}_{in}}{\text{OLR}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12,6 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1435 \text{ mg/L}}{4 \text{ kg COD/m}^3.\text{hari}} \\
 &= 4520,25 \times 10^{-3} \times 24 \\
 &= 108,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Menghitung dimensi kompartemen 2
 Panjang kom = $0,5 \times P \text{ Tangki septik}$
 $= 0,5 \times 18 \text{ m}$
 $= 9 \text{ m}$
 Lebar kom = Lebar TS = 6 m

- Menghitung jumlah kompartemen

$$N = \frac{12,6 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 24}{108,5 \text{ m}^3} = 3 \text{ kompartemen}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ up rencana} &= 1 \text{ m/jam} \\
 \text{Luas media} &= \frac{\text{Volume media}}{v \text{ up rencana}} \\
 &= \frac{108,5 \text{ m}^3}{1 \text{ m/jam}} \\
 &= 108,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{\text{Volume media}}{\text{Panjang} \times \text{Lebar} \times 3 \text{ kom}} \\
 &= \frac{108,5}{9 \times 6 \times 3 \text{ kom}} \\
 &= 0,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi media filter (Hf)} &= H - \text{jarak dasar-jarak muka} \\
 &\quad \text{air-tebal penyangga} \\
 &= 3\text{m} - 1,1\text{m} - 0,9\text{m} - 0,3\text{m} \\
 &= 0,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Media yang digunakan adalah media tipe sarang tawon dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Material} &= \text{PVC} \\
 \text{Ukuran lubang} &= 2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \\
 \text{Ketebalan} &= 0,2 \text{ mm} - 0,5 \text{ mm} \\
 \text{Luas spesifik} &= 150 - 220 \text{ m}^2/\text{m}^3 \\
 \text{Porositas} &= 0,98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek OLR} &= \frac{COD_{in} \times Q}{\text{volume efektif media}} \\
 &= \frac{1435 \text{ mg/L} \times 12,6 \text{ m}^3/\text{jam}}{108,5 \text{ m}^3} \\
 &= 166,6 \text{ mg/L.jam} \\
 &= 166,6 \text{ mg/L.jam} \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \times 10^3 \text{ L/m}^3 \times 24 \\
 &\quad \text{jam/hari} \\
 &= 4 \text{ kg COD/m}^3/\text{hari (memenuhi)} \\
 v \text{ up} &= \frac{Q \text{ per jam}}{P \times L \times \text{Void mass}} \\
 &= \frac{12,6 \text{ m}^3/\text{jam}}{9 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 0,4} \\
 &= 0,58 \text{ m/jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Menghitung v pipa inlet
 - D pipa inlet = D pipa bak ekualisasi
 - = 110 mm
 - = 11 cm
 - Panjang pipa = 2 m
 - Q = 605,53 m³/hari = 0,007 m³/s

Mayor Losses

Hf *discharge* = Hf mayor

$$\begin{aligned}
 &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\
 &= \frac{2}{(0,00155 \times 120 \times 11^{2,63})^{1,85}} \times 3,5^{1,85} \\
 &= 0,0039 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v \text{ cek} &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0,0035 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,25 \times 0,11^2} \\
 &= 0,37 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,37^2}{2 \times 9,81} = 0,007 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Hfm belokan (k=0,25)} &= k \times \frac{v^2}{2g} = 0,25 \times \frac{0,477^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,0018 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hf total velocity} &= \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} + \text{Head velocity} \\ &= 0,0039 + 0,0018 + 0,007 \\ &= 0,0127 \text{ m}\end{aligned}$$

Saluran pembagi dan pengumpul:

$$\begin{aligned}v \text{ cek} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,007 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,25 \times 0,11^2} \\ &= 0,73 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Mayor Losses

Hf *discharge* = Hf mayor

$$\begin{aligned}&= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\ &= \frac{2}{(0,00155 \times 120 \times 11^{2,63})^{1,85}} \times 7^{1,85} \\ &= 0,014 \text{ m}\end{aligned}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,73^2}{2 \times 9,81} = 0,027 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Hfm belokan (k=0,25)} &= k \times \frac{v^2}{2g} = 0,25 \times \frac{0,477^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,0068 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hf total velocity} &= \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} + \text{Head velocity} \\ &= 0,014 + 0,0068 + 0,027 \\ &= 0,048 \text{ m}\end{aligned}$$

- Menghitung kebutuhan nutrient

$$\begin{aligned}\text{Rasio MLVSS/MLSS} &= 0,8 \\ \text{MLSS} &= 1000 \text{ mg/L} \\ Y &= 0,5 \\ K_d &= 0,1 \text{ vss/g vss.hari} \\ \text{SRT} &= 10 \text{ hari}\end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Yobs} &= \frac{Y}{1 + K_d \cdot \text{SRT}} \\ &= \frac{0,5}{1 + 0,1 \cdot 10} \\ &= 0,25\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Px bio} &= \text{Yobs} \times Q \times (\text{So} - \text{Se}) \\ &= 0,25 \times 605,53 \text{ m}^3/\text{hari} \times (759 - 97,9) \\ &\quad \text{mg/L} \\ &= 100 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MLVSS} &= \text{Rasio MLVSS/MLSS} \times \text{MLSS} \\ &= 0,8 \times 3000 \text{ mg/L} \\ &= 2400 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\text{Cek F/M} = \frac{Q \times \text{So}}{V \times \text{MLVSS}}$$

$$= \frac{605,53 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \left(\frac{759}{1000}\right) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{308,15 \text{ m}^3 \times 2,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 0,62$$

$$\begin{aligned} \% \text{ N} &= \frac{Ar \text{ N}}{Mr \text{ C}_5\text{H}_7\text{NO}_2\text{P}_{0,26}} \times 100\% \\ &= \frac{14}{60+7+14+32+(0,26)31} \times 100\% \\ &= 11,56\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N} &= 11,56\% \times P_x \\ &= 11,56\% \times 100 \text{ kg/hari} \\ &= 11,56 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_{in} &= Q \times N \\ &= 605,53 \text{ m}^3/\text{hari} \times 194 \text{ mg/L} \times 10^3 \text{ L/m}^3 \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \\ &= 117,472 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisa N} &= \text{N}_{in} - \text{N} \\ &= 117,472 \text{ kg/hari} - 11,56 \text{ kg/hari} \\ &= 105,9 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N eff} &= \text{Sisa N} / Q \\ &= 105,9 \text{ kg/hari} / 605,53 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 173,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{Rem N} &= \frac{\text{N}_{in} - \text{N}_{eff}}{\text{N}_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{117,472 - 173,6}{117,472} \times 100\% \\ &= 10,4\% \end{aligned}$$

6.5.7 Constructed Wetland

Perhitungan *constructed wetland* dapat dilihat menggunakan persamaan sebagai berikut.

Diketahui :

$$- \quad Q = 605,53 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$$

- $BOD_{in} = 78,2 \text{ mg/L}$
- $COD_{in} = 221 \text{ mg/L}$
- $TSS_{in} = 43 \text{ mg/L}$
- $NH_3 = 173,6 \text{ mg/L}$

Direncanakan :

- Suhu = 25°C
 $\nu = 0,8039 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Tipe vegetasi = Cattail sp.
 Kedalaman = 0,6 m
- *Removal* BOD = 50%
- Penentuan media
 Media = Gravel sand
 Nilai porositas media dan konduktivitas hidrolis ditentukan berdasarkan media yang terpakai. Nilai porositas dan Ks dapat dilihat pada Tabel 6.13

Tabel 6. 13 Karakteristik Media Tipikal *Constructed Wetland*

Tipe media	Ukuran efektif (mm)	Porositas	Konduktivitas Hidrolis (m/s)
Pasir medium	1	0,30	0,005786
Pasir kasar	2	0,32	0,011571
Pasir gravel	8	0,35	0,057856
Gravel medium	32	0,40	0,115711
Gravel kasar	128	0,45	1,157111

Sumber : (DEWATS, 2009)

- $\alpha = 0,35$
- $ks = 0,057846 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sekon}$
 $= 4998,758 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$
- $K_{20} = 0,86$
- Slope = 0,01

Perhitungan :

- Menghitung BOD efluen

$$\begin{aligned}
 \text{BOD ef} &= (1 - \% \text{Rem BOD}) \times \text{BODin} \\
 &= (1 - 0,62) \times 78,2 \text{ mg/L} \\
 &= 29,72 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai K_T

$$\begin{aligned}
 K_T &= K_{20} \times (1,1)^{(T-20)} \\
 &= 0,86 \times (1,1)^{(25-20)} \\
 &= 1,385
 \end{aligned}$$

- Menghitung waktu detensi *pore-space*

$$\begin{aligned}
 t' &= \frac{-\ln\left(\frac{\text{BODef}}{\text{BODin}}\right)}{K_T} \\
 &= \frac{-\ln\left(\frac{29,72 \text{ mg/L}}{78,2 \text{ mg/L}}\right)}{1,385} \\
 &= 0,7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- Menghitung luas *cross* (A_c)

$$\begin{aligned}
 A_c &= \frac{Q}{K_s \times S} \\
 &= \frac{605,53 \text{ m}^3/\text{hari}}{4998,758 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 0,01} \\
 &= 12,11 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Menghitung dimensi

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{A_c}{H} \\
 &= \frac{12,11}{0,6} \\
 &= 20,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{t' \times Q}{L \times H \times \alpha} \\
 &= \frac{0,7 \times 605,53}{20,2 \times 0,6 \times 0,35} \\
 &= 100 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung luas permukaan (A_s)

$$\begin{aligned}
 A_s &= P \times L \\
 &= 100 \times 20,2 \\
 &= 2020 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss} &= \frac{Q \times A_s}{K \times h \times L \times L} \quad (\text{US EPA, 1993}) \\
 &= \frac{1508,5419 \times 2020}{150000 \times 0,6 \times 20,2 \times 20,2} \\
 &= 0,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung cek HLR

$$\begin{aligned}
 \text{HLR} &= \frac{Q}{A_s} \\
 &= \frac{605,53 \text{ m}^3/\text{hari}}{2020 \text{ m}^2} \\
 &= 0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \quad (\text{memenuhi}) \\
 &= 30 \text{ cm/hari}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kebutuhan tanaman

Tanaman *Cattail sp.* ditanam dengan kerapatan 1 m² terdapat 5 tanaman *Cattail sp.* (Steves, 2006). Perhitungan kebutuhan tanaman sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan tanaman} &= \text{Kerapatan} \times \text{Luas} \\
 &= 5 \text{ tanaman/m}^2 \times 2020 \text{ m}^2 \\
 &= 10,100 \text{ tanaman}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kebutuhan media *gravel sand*

$$\begin{aligned}
 \text{Ketinggian } \textit{gravel sand} &= 0,6 \text{ m} \\
 \text{Volume } \textit{gravel sand} &= \text{Luas} \times \text{Hac} \\
 &= 2020 \text{ m}^2 \times 0,6 \text{ m} \\
 &= 1212 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Menghitung kualitas efluen air limbah dari *wetland*

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 Q &= 605,53 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,007 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \text{BOD}_{\text{in}} &= 78,2 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{\text{in}} &= 179,3 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{in}} &= 43,1 \text{ mg/L} \\
 \text{NH}_3 \text{ in} &= 173,6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

- Menghitung *headloss*

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa inlet} &= 2 \text{ m} \\
 Q &= 605,53 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mayor Losses

Hf *discharge*

= Hf mayor

$$= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85}$$

$$= \frac{2}{(0,00155 \times 120 \times 11^{2,63})^{1,85}} \times 7$$

$$= 0,01 \text{ m}$$

v cek

$$= \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,007 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,25 \times 0,11^2}$$

$$= 0,74 \text{ m/s}$$

Minor Losses

Head velocity

$$= \frac{v^2}{2g} = \frac{0,74^2}{2 \times 9,81} = 0,03 \text{ m}$$

Hfm belokan (k=0,25)

$$= k \times \frac{v^2}{2g} = 0,25 \times \frac{0,74^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,0075 \text{ m}$$

Panjang pipa outlet

$$= 121,5 \text{ m}$$

Direncanakan v

$$= 0,6 \text{ m/s}$$

n

$$= 0,013$$

Lebar

$$= 0,2 \text{ m}$$

Q

$$= 605,53 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luas saluran

$$= \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

$$\begin{aligned}
 &= 121,5 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\
 &= 24,3 \text{ m}^2 \\
 R &= 2L + P \\
 &= 0,4 + 121,5 \\
 &= 121,9 \\
 \text{Slope} &= \left(\frac{n v}{R^{2/3}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{0,013 \times 0,6}{121,9^{2/3}} \right)^2 \\
 &= 9 \times 10^{-8} \\
 \text{Headloss outlet} &= \text{Slope} \times \text{Panjang pipa} \\
 &= 9 \times 10^{-8} \times 121,5 \text{ m} \\
 &= 0,000011 \\
 H_f \text{ total} &= H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + H_v + H_f \text{ out} \\
 &= 0,01 + 0,0075 + 0,03 + 0,000011 \\
 &= 0,048 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

- BOD *removal*
 BOD tanaman (BOD_t) = 4,4% x BOD_{in}
 = 4,4% x 78,2 mg/L
 = 3,1 mg/L
 BOD_w = 78,2 - 29,72 mg/L
 = 48,5
- BOD eff CW = BOD_{in} - BOD_t - BOD_w
 = 78,2 - 3,1 - 48,5
 = 26,6 mg/L

- COD *removal*
CODrem = 80% x 179,3 mg/L
= 143,44 mg/L
- COD eff CW = CODin-CODrem
= 179,3 mg/L- 143,44 mg/L
= 35,9 mg/L
- %Rem TSS = 90%
TSS eff = (1-0,9) x 43,1
= 4,3 mg/L
- %Rem NH₃ = 98% x 173,6 mg/L
= 170,13 mg/L
- NH₃ eff = NH₃ in - NH₃ rem
= 173,6 mg/L-170,13 mg/L
= 9,2 mg/L

- Menghitung saluran penampung air sebelum masuk ke *wetland* dan sesudah diolah di *wetland*

Direncanakan :

Saluran penampung *inlet* = Saluran penampung *outlet*

Lebar = Lebar *wetland* = 20,2 m

Kedalaman = Kedalaman *wetland* = 0,6 m

Panjang saluran = 0,5 m

Perforated Baffle:

- Diameter lubang = 0,1 m
- Lebar *baffle* = b = Lebar *wetland* = 50,3 m
- Tinggi *baffle* = h = 1,7 m
- Tebal *baffle* = 0,05 m
- Kecepatan melalui lubang (v) = 0,2 m/s

Perhitungan:

- Menghitung luas tiap lubang

$$\begin{aligned}\text{Luas tiap lubang (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,1^2 \\ &= 0,00785 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Menghitung luas *baffle* yang terendam air

$$\begin{aligned}\text{Luas baffle yang terendam air} &= b \times h \\ &= 20,2 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \\ &= 12,12 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Menghitung luas total lubang

$$\begin{aligned}\text{Luas total lubang (A total)} &= \frac{Q}{c \times v} \\ \text{A total} &= \frac{0,007 \text{ m}^3/\text{det}}{0,6 \times 0,2 \text{ m/det}} \\ \text{A total} &= 0,06 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Menghitung jumlah total lubang

$$\begin{aligned}\text{Jumlah lubang (n)} &= \frac{A \text{ total}}{A \text{ lubang}} \\ \text{Jumlah lubang} &= \frac{0,06 \text{ m}^2}{0,00785 \text{ m}^2} = 8 \text{ buah}\end{aligned}$$

- Merencanakan susunan lubang

$$\begin{aligned}\text{Horizontal} &= 4 \text{ buah} \\ \text{Vertikal} &= 2 \text{ buah}\end{aligned}$$

- Menghitung jarak horizontal antar lubang (Sh)

$$\begin{aligned}\text{Sh} &= \frac{[\text{lebar baffle} - (\text{jumlah lubang} \times d)]}{(\text{jumlah lubang} + 1)} \\ \text{Sh} &= \frac{[20,2 - (4 \times 0,1)]}{(4 + 1)} \\ \text{Sh} &= 4 \text{ m}\end{aligned}$$

- Menghitung jarak vertikal antar lubang (Sv)

$$\text{Sv} = \frac{[\text{tinggi baffle} - (\text{jumlah lubang} \times d)]}{(\text{jumlah lubang} + 1)}$$

$$S_v = \frac{[0,6 - (2 \times 0,1)]}{(2+1)}$$

$$S_v = 0,13 \text{ m}$$

- Menghitung v_h pada tiap lubang

$$\text{Jari – jari hidrolis (R)} = \frac{A_{\text{lubang}}}{P} = \frac{1}{4} D$$

$$R = \frac{1}{4} \times 0,1 \text{ m}$$

$$R = 0,025 \text{ m}$$

$$v_h = \frac{Q}{A}$$

$$v_h = \frac{0,007}{0,06} = 0,12 \text{ m/det}$$

- Menghitung *headloss* melalui *perforated baffle*

$$\text{Headloss} = \frac{v^2}{2g}$$

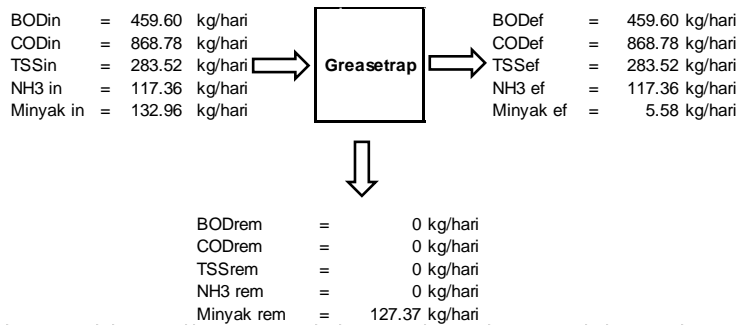
$$\text{Headloss} = \frac{0,12^2}{2 \times 9,81} = 0,00074 \text{ m}$$

6.6 Diagram Mass Balance Unit

Diagram kesetimbangan massa bertujuan untuk mengetahui beban yang masuk dan keluar unit IPAL serta yang tersisihkan. Hasil perhitungan sebagai berikut.

Greasetrap

Minyak Lemak in	=	219.57	mg/L		
Min	=	219.57	x	605.53 x	0.001
	=	132.96	kg/hari		
Minyak lemak rem	=	95.8%	x	219.57	mg/L
	=	210.3524	mg/L		
Mrem	=	210.3524	x	605.53 x	0.001
	=	127.3746	kg/hari		
Minyak lemak ef	=	219.57	-	210.352	= 9.22 mg/L
Mef	=	9.22	x	605.53 x	0.001
	=	5.584273	kg/hari		



Anaerobic Filter

BOD _{in}	=	759.01	mg/L	
Min	=	759.01	x	605.5297 x 0.001
	=	459.60	kg/hari	
BOD _{rem}	=	89.7%	x	759.01 mg/L
	=	680.8307	mg/L	
M _{rem}	=	680.8307	x	605.53 x 0.001
	=	412.2632	kg/hari	
BOD _{def}	=	759.01	-	680.8307 = 78.18 mg/L
M _{ef}	=	78.18	x	605.53 x 0.001
	=	47.33903	kg/hari	
COD _{in}	=	1434.75	mg/L	
Min	=	1434.75	x	605.5297 x 0.001
	=	868.78	kg/hari	
COD _{rem}	=	87.5%	x	1434.75 mg/L
	=	1255.404	mg/L	
M _{rem}	=	1255.404	x	605.53 x 0.001
	=	760.1842	kg/hari	
COD _{def}	=	1434.75	-	1255.404 = 179.34 mg/L
M _{ef}	=	179.34	x	605.53 x 0.001
	=	108.5977	kg/hari	
TSS _{in}	=	468.21	mg/L	
Min	=	468.21	x	605.5297 x 0.001
	=	283.52	kg/hari	
TSS _{rem}	=	90.8%	x	468.21 mg/L
	=	425.1392	mg/L	
M _{rem}	=	425.1392	x	605.53 x 0.001
	=	257.4344	kg/hari	
TSS _{ef}	=	468.21	-	425.1392 = 43.08 mg/L
M _{ef}	=	43.08	x	605.53 x 0.001
	=	26.08366	kg/hari	

$$\begin{aligned}
 \text{NH}_3 \text{ in} &= 193.82 \text{ mg/L} \\
 \text{Min} &= 193.82 \times 605.5297 \times 0.001 \\
 &= 117.36 \text{ kg/hari} \\
 \text{NH}_3 \text{ rem} &= 10.4\% \times 193.82 \text{ mg/L} \\
 &= 20.2344 \text{ mg/L} \\
 \text{Mrem} &= 20.2344 \times 605.53 \times 0.001 \\
 &= 12.25253 \text{ kg/hari} \\
 \text{NH}_3 \text{ ef} &= 193.82 - 20.2344 = 173.58 \text{ mg/L} \\
 \text{Mef} &= 173.58 \times 605.53 \times 0.001 \\
 &= 105.1089 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

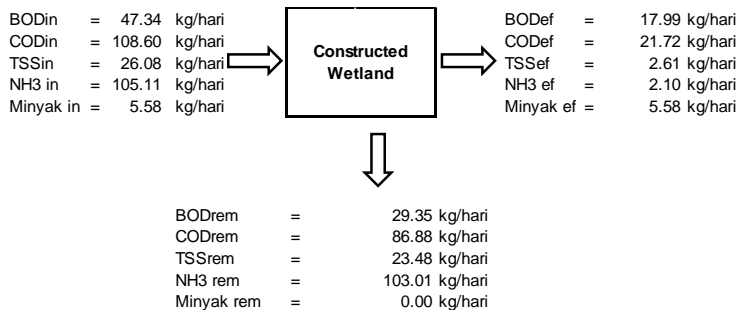
BOD _{in}	=	459.60	kg/hari	<pre> graph LR A[BODin = 459.60 kg/hari CODin = 868.78 kg/hari TSSin = 283.52 kg/hari NH3 in = 117.36 kg/hari Minyak in = 5.58 kg/hari] --> B[Anaerobic Filter] B --> C[BODef = 47.34 kg/hari CODef = 108.60 kg/hari TSSef = 26.08 kg/hari NH3 ef = 105.11 kg/hari Minyak ef = 5.58 kg/hari] B --> D[BODrem = 412.26 kg/hari CODrem = 760.18 kg/hari TSSrem = 257.43 kg/hari NH3 rem = 12.25 kg/hari Minyak rem = 0.00 kg/hari] </pre>	BOD _{ef}	=	47.34	kg/hari
COD _{in}	=	868.78	kg/hari		COD _{ef}	=	108.60	kg/hari
TSS _{in}	=	283.52	kg/hari		TSS _{ef}	=	26.08	kg/hari
NH ₃ in	=	117.36	kg/hari		NH ₃ ef	=	105.11	kg/hari
Minyak in	=	5.58	kg/hari		Minyak ef	=	5.58	kg/hari

$$\begin{aligned}
 \text{BODrem} &= 412.26 \text{ kg/hari} \\
 \text{CODrem} &= 760.18 \text{ kg/hari} \\
 \text{TSSrem} &= 257.43 \text{ kg/hari} \\
 \text{NH}_3 \text{ rem} &= 12.25 \text{ kg/hari} \\
 \text{Minyak rem} &= 0.00 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Constructed Wetland

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{in} &= 78.18 \text{ mg/L} \\
 \text{Min} &= 78.18 \times 605.5297 \times 0.001 \\
 &= 47.34 \text{ kg/hari} \\
 \text{BODrem} &= 62\% \times 78.18 \text{ mg/L} \\
 &= 48.47029 \text{ mg/L} \\
 \text{Mrem} &= 48.47029 \times 605.53 \times 0.001 \\
 &= 29.3502 \text{ kg/hari} \\
 \text{BODef} &= 78.18 - 48.47029 = 29.71 \text{ mg/L} \\
 \text{Mef} &= 29.71 \times 605.53 \times 0.001 \\
 &= 17.98883 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

CODin	=	179.34	mg/L				
Min	=	179.34	x	605.5297	x	0.001	
	=	108.60	kg/hari				
CODrem	=	80%	x	179.34		mg/L	
	=	143.4747	mg/L				
Mrem	=	143.4747	x	605.53	x	0.001	
	=	86.8782	kg/hari				
CODef	=	179.34	-	143.4747	=	35.87	mg/L
Mef	=	35.87	x	605.53	x	0.001	
	=	21.71955	kg/hari				
TSSin	=	43.08	mg/L				
Min	=	43.08	x	605.5297	x	0.001	
	=	26.08	kg/hari				
TSSrem	=	90%	x	43.08		mg/L	
	=	38.7682	mg/L				
Mrem	=	38.7682	x	605.53	x	0.001	
	=	23.47529	kg/hari				
TSSef	=	43.08	-	38.7682	=	4.31	mg/L
Mef	=	4.31	x	605.53	x	0.001	
	=	2.608366	kg/hari				
NH3 in	=	173.58	mg/L				
Min	=	173.58	x	605.5297	x	0.001	
	=	105.11	kg/hari				
NH3 rem	=	98%	x	173.58		mg/L	
	=	170.1101	mg/L				
Mrem	=	170.1101	x	605.53	x	0.001	
	=	103.0067	kg/hari				
NH3 ef	=	173.58	-	170.1101	=	3.47	mg/L
Mef	=	3.47	x	605.53	x	0.001	
	=	2.102178	kg/hari				



6.7 Perhitungan Profil Hidrolis

Profil hidrolis bertujuan untuk mengetahui muka air pada masing-masing unit, sehingga pompa pada sumur pengumpul dapat didesain mempertimbangkan total *head* yang dibutuhkan untuk mengalirkan air limbah hingga ke badan air penerima.

Headloss Sumur Pengumpul

- Pipa *discharge*

$$H_f \text{ mayor} = 0,014 \text{ m}$$

$$H_f \text{ minor} = 0,007 \text{ m}$$

$$H_v = 0,028 \text{ m}$$

$$H_f \text{ screen} = 2 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$H_f \text{ total} = 0,049 \text{ m}$$

Headloss Anaerobik Filter

- Pipa outlet

$$H_f \text{ sal pembawa} = 0,048 \text{ m}$$

$$H_f \text{ mayor} = 0,0039 \text{ m}$$

Hf minor	= 0,0018 m
Hv	= 0,007 m
Hf total	= 0,0607 m

Headloss Constructed Wetland

- Pipa inlet

Hf baffle	= 0,00074 m
Hf mayor	= 0,01 m
Hf minor	= 0,007 m
Hv	= 0,03 m
Hf total	= 0,04774 m

- Pipa outlet

Hf outlet	= 0,000011 m
Hf total	= 0,048 m

Total *Headloss* = 0,158 m

Head statis = 4,685 m

Elevasi penanaman terakhir = 0,854 m

Head Pompa = Head statis + Headloss + Sisa tekan
 = 4,685 + 0,158 + 0,15
 = 4,993 m

6.8 Penyusunan Prosedur Pengoperasian dan Pemeliharaan IPAL

Jaringan SPAL dan IPAL akan beroperasi dengan baik apabila limbah cair yang masuk ke dalam jaringan perpipaan diperhatikan secara penuh dalam tata cara pengoperasian. SOP dibutuhkan sebagai petunjuk dalam pengoperasian dan pemeliharaan jaringan SPAL dan bangunan IPAL untuk menghindari adanya kerusakan. Petunjuk ditujukan untuk pengguna yaitu masyarakat dan operator IPAL.

6.9.1 Petunjuk Pengoperasian SPAL

Petunjuk dalam pengoperasian unit SPAL adalah sebagai berikut:

1. Memasang saringan untuk menjaga supaya sampah dari luar tidak terbawa kedalam pipa inlet
2. Memeriksa semua katup berjalan sesuai dengan fungsinya
3. Ketersediaan air bersih untuk penggelontoran apabila kecepatan aliran tidak memenuhi supaya mencegah endapan di dalam pipa
4. Menjaga manhole agar selalu tertutup selain kebutuhan pemeliharaan
5. Menjaga pipa vent pada manhole agar tidak tersumbat sehingga gas dapat keluar

6.9.2 Petunjuk Pengoperasian IPAL

Petunjuk dalam pengoperasian unit IPAL adalah sebagai berikut:

1. Pipa
 - Memeriksa sambungan pipa pada instalasi untuk mencegah kebocoran pipa
2. Sumur Pengumpul
 - Memasang lampu *indicator level* supaya pompa tidak mudah rusak
 - Memeriksa *control panel* pompa pada sumur pengumpul telah menyala dan memastikan lampu indikator level air menyala

- Memastikan aliran air dari sumur pengumpul kontinyu dan pompa menyala
- 3. Greasetrap
 - Memastikan pipa menuju greasetrap tidak tersumbat
- 4. Anaerobic Filter
 - Memastikan pipa yang digunakan berkualitas baik dan tidak retak
- 5. Constructed Wetland
 - Memeriksa struktur wetland dari kemungkinan keretakan yang menyebabkan kebocoran
 - Mempersiapkan media gravel yang telah dibasahi dengan air
 - Mempersiapkan tanaman Cattail sp. sesuai jumlah kebutuhan tanaman dalam keadaan tidak layu
 - Pembibitan awal tanaman Cattail sp. dilakukan di dalam greenhouse untuk menjaga stabilitas suhu dan menghindari tanaman dari penyakit yang mungkin timbul

6.9.3 Petunjuk Pemeliharaan SPAL

Petunjuk dalam pemeliharaan unit SPAL adalah sebagai berikut:

1. Penggelontoran rutin setiap minggu di manhole ujung pipa primer selama 5-15 menit
2. Penutup manhole dipastikan kedap air apabila jalan di atas manhole rawan terjadi genangan atau banjir

6.9.4 Petunjuk Pemeliharaan IPAL

Petunjuk dalam pemeliharaan unit IPAL adalah sebagai berikut:

1. Pompa dan pipa
 - Membersihkan lumpur yang mengendap di pipa
2. Sumur Pengumpul
 - Pemeliharaan dan pemeriksaan pompa dilakukan secara berkala setiap bulan
 - Tekanan pada pompa dipastikan mampu mengalirkan air hingga akhir unit instalasi

- Memastikan pompa pada sumur pengumpul menyala dan air mengalir secara kontinyu
 - Pengurasan bak ekualisasi apabila endapan menumpuk
 - Memasang amperemeter untuk indikator arus listrik sehingga pemompaan air di sumur pengumpul tetap berjalan
3. Greasetrap
- Pengurasan minyak dan lemak setiap hari supaya tidak terjadi penyumbatan pipa dan penumpukkan minyak dan lemak
4. Anaerobic Filter
- Melakukan pencucian media filter setiap 6 bulan sekali
 - Melakukan pengurasan lumpur secara rutin (setiap setahun sekali)
5. Constructed Wetland
- Memastikan perforated baffle tidak tersumbat agar air terdistribusi merata pada media
 - Melakukan pengambilan sampel pada pipa outlet wetland untuk mengetahui kualitas air limbah terolah
 - Melakukan pencucian media setiap 6 bulan sekali dengan terlebih dahulu menutup katup pada pipa inlet wetland
 - Memastikan muka air pada wetland tidak melebihi batas karena merupakan indikasi penyumbatan pada media gravel sand
 - Pembersihan wetland dari tanaman selain Cattail sp. setiap bulan
 - Memotong tanaman Cattail sp. apabila telah rimbun dan dapat diberikan sebagai pakan hewan

BAB 7

BILL OF QUANTITY DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

Bill of Quantity (BOQ) adalah perhitungan bahan atau material untuk mengetahui jumlah atau volume dibutuhkan, sedangkan Rencana Anggaran Biaya adalah perhitungan bahan atau bangunan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan melalui Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK).

7.1. Perpipaan

Perencanaan ini menggunakan pipa PVC air limbah yang setiap diameternya memiliki panjang 6 m. Berikut adalah rincian jumlah pipa yang dibutuhkan setiap jalurnya. Perhitungan jumlah pipa dapat dilihat pada Tabel 7.1 hingga Tabel 7.4.

Tabel 7. 1 Jumlah Pipa SPAL

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa	D pipa	Jumlah Pipa
		m	m	
BLOK 1				
1	B1f-A	49.70	0.11	9
2	B1d-B1a	140.00	0.11	24
3	B1b-B1a	14.73	0.11	3
4	A-B1a	278.52	0.11	47
5	B1a-B	40.80	0.11	7
6	B-C	42.31	0.11	8
7	C1-C	525.43	0.11	88
8	C2-C	136.19	0.11	23
9	C-D	39.85	0.11	7
10	D1b-D1a	22.18	0.11	4
11	D2c-D2a	35.81	0.11	6
12	D2g-D2e	45.67	0.11	8
13	D1-D1a	498.68	0.21	84

Tabel 7. 2 Lanjutan

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa	D pipa	Jumlah Pipa
		m	m	
BLOK 1				
14	D1a-D	37.82	0.21	7
15	D2-D2a	40.41	0.11	7
16	D2a-D2e	42.32	0.11	8
17	D2e-D	30.86	0.11	6
18	D-E	38.41	0.21	7
19	E1b-E1a	13.20	0.11	3
20	E1-E1a	388.16	0.11	65
21	E1a-E	32.87	0.11	6
22	E-F	32.62	0.21	6
23	F1-F	555.84	0.11	93
24	F3c-F3	99.50	0.11	17
25	F4-F3	56.84	0.11	10
26	F3b-F3a	62.98	0.11	11
27	F3-F3a	74.60	0.11	13
28	F3a-F2	59.24	0.11	10
29	F2e-F2a	51.81	0.11	9
30	F2c-F2a	69.30	0.11	12
31	F2i-F2f	67.65	0.11	12
32	F2-F2a	38.63	0.11	7
33	F2a-F2f	31.53	0.11	6
34	F2f-F	49.05	0.11	9
35	F-G	132.23	0.21	23
BLOK 2				
1	G1c-G1a	105.60	0.11	18
2	G1-G1a	322.41	0.11	54
3	G1a-G	273.01	0.11	46
4	G-H	44.10	0.21	8
5	H2g-H2e	169.70	0.11	29
6	H2d-H2c	57.75	0.11	10
7	H2b-H2a	59.40	0.11	10
8	H1-H2e	343.02	0.11	58
9	H2e-H2c	58.74	0.11	10
10	H2c-H2a	133.53	0.11	23

Tabel 7. 3 Lanjutan

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa	D pipa	Jumlah Pipa
		m	m	
BLOK 2				
11	H2a-H	47.586	0.11	8
12	H-H2	25.08	0.21	5
13	H4-H3	71.52255	0.11	12
14	H3b-H3a	42.636	0.11	8
15	H3-H3a	56.8095	0.11	10
16	H3a-H2	38.478	0.11	7
17	H2-I	116.6715	0.21	20
18	I-J	38.511	0.21	7
19	J1c-J1a	115.995	0.11	20
20	J1-J	650.661	0.11	109
21	J-K	32.439	0.21	6
22	K1-K	471.4545	0.11	79
23	K-K2	5.8575	0.31	1
24	K3c-K3a	78.705	0.11	14
25	K3d-K3a	65.4225	0.11	11
26	K3-K3a	101.2275	0.11	17
27	K3a-K2	37.785	0.11	7
28	K2-L	34.155	0.31	6
29	L-M	11.55	0.31	2
30	M1b-M1a	16.5	0.11	3
31	M1-M1a	491.3205	0.11	82
32	M1a-M	17.16	0.11	3
33	M-N	71.1975	0.31	12
BLOK 3				
1	N1b-N1a	27.06	0.11	5
2	N1d-N1c	26.4	0.11	5
3	N1-N1a	271.5075	0.11	46
4	N1a-N1c	176.9625	0.11	30
5	N1c-N	125.235	0.11	21
6	N-O	61.875	0.31	11
7	O1-O2	114.411	0.11	20

Tabel 7. 4 Lanjutan

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa	D pipa	Jumlah Pipa
		m	m	
BLOK 3				
8	O2-O3	13.70	0.11	3
9	O3b-O3a	18.98	0.11	4
10	O3-O3a	355.74	0.11	60
11	O3a-O	64.35	0.11	11
12	O-P	28.05	0.31	5
13	P1-P	394.00	0.11	66
14	P-P2	20.46	0.31	4
15	P3c-P3a	55.01	0.11	10
16	P3g-P3d	87.95	0.11	15
17	P3-P3a	124.13	0.11	21
18	P3a-P3d	73.10	0.11	13
19	P3d-P2	24.92	0.11	5
20	P2-Q	54.45	0.31	10
21	Q1b-Q1a	33.30	0.11	6
22	Q1d-Q1a	110.22	0.11	19
23	Q1g-Q1f	36.30	0.11	7
24	Q1j-Q1h	65.36	0.11	11
25	Q1m-Q1k	36.71	0.11	7
26	Q1n-Q1k	31.91	0.11	6
27	Q1-Q1a	37.82	0.11	7
28	Q1a-Q1f	59.57	0.11	10
29	Q1f-Q1h	75.74	0.11	13
30	Q1h-Q1k	77.22	0.11	13
31	Q1k-Q	27.39	0.11	5
32	Q-R	50.82	0.31	9
33	R1e-R1c	90.30	0.11	16
34	R1b-R1a	80.73	0.11	14
35	R1-R1c	22.44	0.11	4
36	R1c-R1a	147.84	0.11	25
37	R1a-R	116.82	0.11	20
38	R-S	246.76	0.41	42
39	S-IPAL	5.26	0.41	1

7.2. Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap yang digunakan pada SPAL adalah *manhole*, greasetrap rumah tangga yang diletakkan di setiap rumah.

7.2.1 Manhole

Manhole setiap Zona memiliki jumlah yang berbeda, dimana *manhole* yang digunakan diantaranya yaitu *manhole* lurus, *manhole* belokan, *manhole* pertigaan, *manhole* perempatan, dan drop *manhole*. Jumlah keseluruhan manhole disajikan pada Tabel 9.3. Setelah diketahui jumlah yang dibutuhkan, maka dapat ditentukan HSPK manhole yang disajikan pada Tabel 9.4

Tabel 7. 5 *Bill of Quantity Manhole*

No	Jenis Manhole	Jumlah
1	Lurus	82
2	Belokan	27
3	Pertigaan	16
4	Perempatan	4
5	Drop	25

Tabel 7. 6 HSPK Unit Manhole Tipikal

No	Uraian	Satuan	Harga	
			Bahan	Upah
1	Galian Tanah	m3		Rp 113,025.00
2	Pas Urug	m3	Rp 212,400.00	Rp 45,643.00
3	Pasangan Beton	m3	Rp 57,288.00	Rp 10,041.00
4	Lantai Kerja K-225	m3	Rp 815,948.00	Rp 289,664.00
5	Dinding, Beton Bertulang 1:2:3	m3	Rp 815,948.00	Rp 289,664.00
6	Cover, Beton Bertulang 1:2:3	m3	Rp 786,077.00	Rp 343,988.00
7	Tutup, Beton Bertulang 1:2:3	m3	Rp 287,807.00	Rp 103,342.00
Sub Total			Rp 2,975,468.00	Rp 1,195,367.00
Total			Rp	4,170,835.00

Sumber : HSPK, 2018

7.2.2 Greasetrap rumah tangga

Perencanaan greasetrap rumah tangga dipasang sesuai jumlah rumah terlayani sebanyak 7.228 sambungan rumah untuk

SPALDS. Berikut merupakan HSPK dari unit greasetrap rumah tangga yang didesain sama untuk seluruh rumah yang disajikan pada Tabel 7.7

Tabel 7. 7 HSPK *Greasetrap*

No	Uraian	Satuan	Harga	
			Bahan	Upah
1	Galian Tanah	m3		Rp 113,025.00
2	Pas Urug	m3	Rp 212,400.00	Rp 45,643.00
3	Pasangan 1/2 Bata 1:2	m3	Rp 157,995.00	Rp 45,926.00
4	Lantai Kerja K-225	m3	Rp 815,948.00	Rp 289,664.00
5	Cover, Beton Bertulang 1:2:3	m3	Rp 815,948.00	Rp 289,664.00
6	Tutup, Beton Bertulang 1:2:3	m3	Rp 786,077.00	Rp 343,988.00
Sub Total			Rp 2,788,368.00	Rp 1,127,910.00
Total			Rp	3,916,278.00

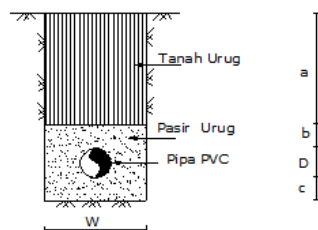
Rencana anggaran biaya bangunan pelengkap dihitung berdasarkan HSPK 2018 dapat dilihat pada Tabel 7.8.

Tabel 7. 8 RAB Bangunan Pelengkap

Unit	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah Harga
Manhole	154	Rp 4,170,835.00	Rp 642,308,590.00
Greasetrap Rumah Tangga	7228	Rp 3,916,278.00	Rp 28,306,857,384.00
Jumlah			Rp 28,949,165,974.00

7.3. Galian dan Urugan Pipa

Penggalian pipa disesuaikan pada keadaan tanah di wilayah perencanaan yang cenderung stabil atau normal. Penanaman pipa dari muka tanah direncanakan sesuai dengan perhitungan penanaman pipa yang telah dihitung sebelumnya. Bentuk galian yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 7.1.



GALIAN NORMAL

Gambar 7. 1 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah

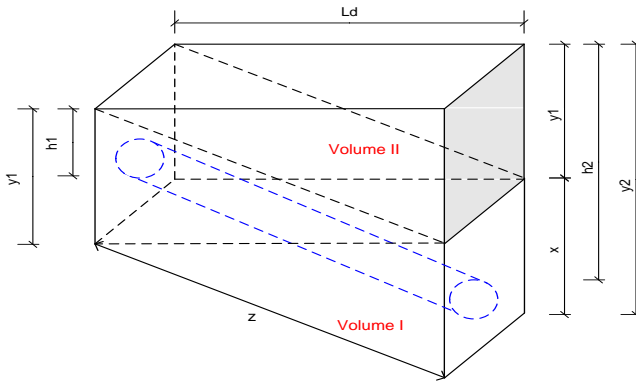
Nilai a,b,c,d dan w telah diatur dalam standar Departemen Pekerjaan Umum untuk dimensi saluran yang direncanakan yang dapat dilihat melalui Tabel 7.9

Tabel 7. 9 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan

D	abcd	w	a	b	c
(mm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
50-100	100-115	55-60	65-75	15	15
150-200	120-125	65-70	75	15	15
250-300	130-135	75-80	75	15	15
350-400	140-150	85-95	75	15	15
500-600	160-170	100-110	75	15	15

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Berdasarkan peraturan di atas maka dapat ditentukan dimensi setiap saluran. Bentuk galian yang direncanakan sepanjang pipa dapat dilihat pada Gambar 7.2



Gambar 9. 1 Bentuk Galian yang Direncanakan Sepanjang Saluran

Berdasarkan gambar bentuk galian yang direncanakan sepanjang pipa, maka dapat dihitung untuk galian pipa.

D = diameter pipa.

h = kedalaman penanaman pipa.

h1 = kedalaman penanaman pipa awal.

h2 = kedalaman penanaman pipa akhir.

y = kedalaman galian = h + D + c.

y1 = kedalaman galian awal.

y2 = kedalaman galian akhir.

x = $y_2 - y_1$, $z = ((y_1^2) + (L \text{ pipa}^2))^{1/2}$

Volume galian I = $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times L$

$$\text{Volume galian II} = \frac{1}{2} [0,3 \times 2 + D] \times y_1 \times L$$

$$\text{Volume galian total} = \text{Volume galian I} + \text{Volume galian II}$$

$$\text{Volume pipa} = \frac{1}{4} \pi D^2 \times L$$

$$\text{Volume urugan pasir}$$

$$= [D + (0,3 \times 2)] \times (b + D + c) \times L - \text{Volume pipa.}$$

$$\text{Volume Sisa Tanah Galian}$$

$$= \text{Volume galian total} - \text{Volume urugan pasir.}$$

Contoh perhitungan BOQ galian pipa pada jalur pipa B1f-A adalah sebagai berikut :

$$D = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran} = L \text{ pipa} = 49,7 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,81 \text{ m}, h_2 = 0,95 \text{ m}, c = 0,15$$

$$y_1 = h_1 + D + c = 0,81 + 0,11 + 0,15 = 1,07 \text{ m}$$

$$y_2 = h_2 + D + c = 0,95 + 0,11 + 0,15 = 1,21 \text{ m}$$

$$x = y_2 - y_1 = 1,21 - 1,07 = 0,14 \text{ m}$$

$$Z = [(1,07^2) + (49,7^2)]^{1/2} = 49,71 \text{ m}$$

$$\text{Volume galian I} = [(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times L$$

$$= [(0,3 \times 2) + 0,11] \times 1,07 \times 49,7$$

$$= 37,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume galian II} = \frac{1}{2} [0,3 \times 2 + D] \times y_1 \times L$$

$$= \frac{1}{2} [0,3 \times 2 + 0,11] \times 1,07 \times 49,7$$

$$= 2,49 \text{ m}^3$$

Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II

$$= 37,76 \text{ m}^3 + 2,49 \text{ m}^3$$

$$= 40,25 \text{ m}^3$$

Bongkar paving = lebar galian x panjang pipa

$$= (0,3 \times 2) \times 49,7 \text{ m}$$

$$= 29,82 \text{ m}^2$$

Volume pipa = $\frac{1}{4} \pi D^2 \times L$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,11^2 \times 49,7$$

$$= 0,47 \text{ m}^3$$

Volume urugan pasir

$$= [(D + (0,3 \times 2)) \times (b + D + c) \times L] - \text{Volume Pipa}$$

$$= [(0,11 + (0,3 \times 2)) \times (0,15 + 0,11 + 0,15) \times 49,7] - (0,47)$$

$$= 13,99 \text{ m}^3$$

Volume Sisa Tanah Galian

= Volume galian total – Volume urugan pasir.

$$= 40,25\text{m}^3 - 13,99 \text{ m}^3$$

$$= 26,26 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan BOQ galian dan urugan pipa pada saluran selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Berikut merupakan hasil analisa HSPK yang digunakan untuk pekerjaan SPAL yang disajikan pada Tabel 7.10

Tabel 7. 10 Analisa HSPK Sistem Penyaluran Air Limbah

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Pembongkaran Paving Dipakai Kembali (m^2)				
	Upah				
	Tenaga Kasar	0.0404	Orang Hari	146000	5898.4
	Jumlah				5898.4
	Nilai HSPK				5898.4
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi (m^3)				
	Upah				
	Mandor	0.0252	Orang Hari	171000	4309.2
	Pembantu Tukang	0.7572	Orang Hari	145000	109794
	Jumlah				114103.2
3	Pengurugan Pasir (PADAT)				
	Upah:				
	Mandor	0.0101	Orang Hari	171000	1727.1
	Pembantu Tukang	0.3029	Orang Hari	145000	43920.5
	Jumlah				45647.6
4	Pengurugan Tanah Kembali Untuk Konstruksi				
	Upah:				
	Mandor	0.05041	Orang Hari	171000	8620.11
	Pembantu Tukang	0.50447	Orang Hari	145000	73148.15
	Jumlah				81768.26
	Pengurugan Tanah Kembali Untuk Konstruksi				
	Upah:				
	Mandor	0.05041	Orang Hari	171000	8620.11
	Pembantu Tukang	0.50447	Orang Hari	145000	73148.15
	Jumlah				81768.26
	Pengurugan Tanah Kembali Untuk Konstruksi				
	Upah:				
	Mandor	0.05041	Orang Hari	171000	8620.11
	Pembantu Tukang	0.50447	Orang Hari	145000	73148.15
	Jumlah				81768.26
	Pengurugan Tanah Kembali Untuk Konstruksi				
	Upah:				
	Mandor	0.05041	Orang Hari	171000	8620.11
	Pembantu Tukang	0.50447	Orang Hari	145000	73148.15
	Jumlah				81768.26
	Pengurugan Tanah Kembali Untuk Konstruksi				
	Upah:				
	Mandor	0.05041	Orang Hari	171000	8620.11
	Pembantu Tukang	0.50447	Orang Hari	145000	73148.15
	Jumlah				81768.26
	Pengurugan Tanah Kembali Untuk Konstruksi				
	Upah:				
	Mandor	0.05041	Orang Hari	171000	8620.11
	Pembantu Tukang	0.50447	Orang Hari	145000	73148.15
	Jumlah				81768.26
	Pengurugan Tanah Kembali Untuk Konstruksi				
	Upah:				
	Mandor	0.05041	Orang Hari	171000	8620.11
	Pembantu Tukang	0.50447	Orang Hari	145000	73148.15
	Jumlah				81768.26

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
5	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek (m ³)				
	Upah:				
	Pembantu Tukang	0.2524	Orang Hari	145000	36598
	Jumlah				36598
	Sewa Peralatan:				
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.25	Jam	70000	17500
	Jumlah				17500
	Nilai HSPK				54098
6	Pemasangan Pipa Air Kotor 4" (m)				
	Upah:				
	Mandor	0.0041	Orang Hari	171000	701
	Kepala Tukang Batu	0.0136	Orang Hari	171000	2326
	Tukang Batu	0.1362	Orang Hari	156000	21247.2
	Pembantu Tukang	0.0818	Orang Hari	145000	11861
	Jumlah				36135
	Bahan:				
	Pipa PVC 4" type C Panjang 4 m	0.3	Batang	75680	22704
	Perlengkapan 35% harga pipa	0.105	Buah	75680	7946.4
	Jumlah				30650.4
	Nilai HSPK				66785
7	Pemasangan Pipa Air Kotor 8" (m)				
	Upah:				
	Mandor	0.0041	Orang Hari	171000	701
	Kepala Tukang Batu	0.0136	Orang Hari	171000	2326
	Tukang Batu	0.1362	Orang Hari	156000	21247.2
	Pembantu Tukang	0.0818	Orang Hari	145000	11861
	Jumlah				36135
	Bahan:				
	Pipa PVC 8" type C Panjang 4 m	0.3	Batang	224290	67287
	Perlengkapan 35% harga pipa	0.105	Buah	224290	23550.45
	Jumlah				90837.45
	Nilai HSPK				126972
8	Pemasangan Pipa Air Kotor 12" (m)				
	Upah:				
	Mandor	0.0041	Orang Hari	171000	701
	Kepala Tukang Batu	0.0136	Orang Hari	171000	2326
	Tukang Batu	0.1362	Orang Hari	156000	21247.2
	Pembantu Tukang	0.0818	Orang Hari	145000	11861
	Jumlah				36135
	Bahan:				
	Pipa PVC 12" type C Panjang 4 m	0.3	Batang	554950	166485
	Perlengkapan 35% harga pipa	0.105	Buah	554950	58269.75
	Jumlah				224754.8
	Nilai HSPK				260890

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
9	Pemasangan Pipa Air Kotor 16" (m)				
	Upah:				
	Mandor	0.0041	Orang Hari	171000	701
	Kepala Tukang Batu	0.0136	Orang Hari	171000	2326
	Tukang Batu	0.1362	Orang Hari	156000	21247.2
	Pembantu Tukang	0.0818	Orang Hari	145000	11861
	Jumlah				36135
	Bahan:				
	Pipa PVC 16" type C Panjang 4 m	0.3	Batang	898810	269643
	Perlengkapan 35% harga pipa	0.105	Buah	898810	94375.05
	Jumlah				364018.1
	Nilai HSPK				400153
10	Pengurugan Pasir Untuk Paving (m ³)				
	Upah:				
	Mandor	0.0101	Orang Hari	171000	1727.1
	Pembantu Tukang	0.3029	Orang Hari	145000	43920.5
	Jumlah				45647.6
	Bahan:				
	Pasir Urug	1.2	m ³	177000	212400
	Jumlah				212400
	Nilai HSPK				258047.6
11	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl. 6 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang				
	Upah:				
	Kepala Tukang	0.05041	Orang Hari	171000	8620.11
	Tukang	0.50447	Orang Hari	156000	78697.32
	Pembantu Tukang	0.2524	Orang Hari	145000	36598
	Jumlah				123915.4
	Bahan/Material:				
	Paving Stone Abu-abu Persegi Panjang	1.01	m ²	77800	78578
	Jumlah				78578
	Nilai HSPK				202493.4

Sumber : HSPK, 2018

Jumlah pekerjaan dalam pembuatan SPAL dapat dilihat pada Tabel 7.11

Tabel 7. 11 RAB SPAL

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembongkaran Paving	m ³	6931.50	Rp5,898	Rp40,884,735
2	Galian	m ³	18853.37	Rp114,103	Rp2,151,229,296
3	Urugan Pasir	m ³	3493.10	Rp270,288	Rp944,141,812
4	Urugan Tanah Kembali	m ³	15172.15	Rp81,768	Rp1,240,600,366
5	Pembuangan Tanah	m ³	15360.26	Rp54,098	Rp830,959,586
6	Pemasangan Pipa 4"	m	10036.69	Rp66,785	Rp670,303,196
7	Pemasangan Pipa 8"	m	996.57	Rp126,972	Rp126,536,454
8	Pemasangan Pipa 12"	m	267.22	Rp260,890	Rp69,714,280
9	Pemasangan Pipa 16"	m	252.02	Rp400,153	Rp100,846,947
10	Pasir Paving	m ³	253.36	Rp258,048	Rp65,378,033
11	Pemasangan Paving	m ³	6931.50	Rp202,493	Rp1,403,582,378
Jumlah					Rp7,644,177,082

7.4. BOQ dan RAB IPAL

BOQ IPAL terdiri dari Sumur Pengumpul, *Barscreen*, Anaerobic Filter, dan Constructed Wetland. HSPK IPAL dapat dilihat pada Tabel 7.12

Tabel 7. 12 HSPK IPAL

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi (m ³)				
	Upah				
	Mandor	0.0252	Orang Hari	Rp171,000	Rp4,309
	Tenaga Kasar	0.7572	Orang Hari	Rp145,000	Rp109,794
	Jumlah				Rp114,103
	Nilai HSPK				Rp114,103

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
2	Pekerjaan Beton Bertulang 150 kg besi + bekisting (m ³)				
	Upah				
	Mandor	0.2641	Orang Hari	Rp171,000	Rp45,161
	Tukang	1.3116	Orang Hari	Rp156,000	Rp204,610
	Tukang	0.2775	Orang Hari	Rp156,000	Rp43,290
	Tukang	1.0593	Orang Hari	Rp156,000	Rp165,251
	Pembantu Tukang	5.351	Orang Hari	Rp145,000	Rp775,895
	Jumlah				Rp1,234,207
	Bahan:				
	Semen PC 40 kg	8.4	Zak	Rp58,500	Rp491,400
	Pasir Cor	0.54	m ³	Rp272,500	Rp147,150
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.81	m ³	Rp278,000	Rp225,180
	Besi Beton Polos	157.5	kg	Rp13,500	Rp2,126,250
	Paku Usuk	1.5	kg	Rp14,800	Rp22,200
	Kawat Beton	2.25	kg	Rp26,900	Rp60,525
	Kayu Meranti Bekisting	0.2	m ³	Rp3,350,400	Rp670,080
	Minyak Bekisting	0.4	liter	Rp30,100	Rp12,040
	Jumlah				Rp3,754,825
	Nilai HSPK				Rp4,989,032
3	Pemasangan Batu Kali Kosongan Tebal 20 cm				
	Upah:				
	Mandor	0.0171	Orang Hari	Rp171,000	Rp2,924
	Kepala Tukang	0.0151	Orang Hari	Rp171,000	Rp2,582
	Tukang	0.1513	Orang Hari	Rp156,000	Rp23,603
	Pembantu Tukang	0.3534	Orang Hari	Rp145,000	Rp51,243
	Jumlah				Rp80,352
	Bahan:				
	Batu Kali Belah 15/20 cm	1.2	m ³	Rp451,000	Rp541,200
	Jumlah:				Rp541,200
	Nilai HSPK				Rp621,552
4	Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 m				
	Upah:				
	Mandor	0.0075	Orang Hari	Rp171,000	Rp1,283
	Pembantu Tukang	0.1514	Orang Hari	Rp145,000	Rp21,953
	Jumlah				Rp23,236
	Nilai HSPK				Rp23,236
5	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek (m ³)				
	Upah:				
	Pembantu Tukang	0.2524	Orang Hari	Rp145,000	Rp36,598
	Jumlah				Rp36,598
	Sewa Peralatan				
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.25	Jam	Rp70,000	Rp17,500
	Jumlah				Rp17,500
	Nilai HSPK				Rp54,098

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
6	Pekerjaan Beton K-225				
	Upah				
	Mandor	0.0282	Orang Hari	Rp171,000	Rp4,822
	Tukang	0.2775	Orang Hari	Rp156,000	Rp43,290
	Pembantu Tukang	1.6659	Orang Hari	Rp145,000	Rp241,556
	Jumlah				Rp289,668
	Bahan:				
	Semen PC 40 kg	9.275	Zak	Rp58,500	Rp542,588
	Pasir Cor	0.4363	m ³	Rp272,500	Rp118,892
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.5511	m ³	Rp278,000	Rp153,206
	Biaya Air	215	liter	Rp6	Rp1,290
	Jumlah				Rp815,975
	Nilai HSPK				Rp1,105,643
7	Pengurangan Pasir (PADAT)				
	Upah:				
	Mandor	0.0101	Orang Hari	Rp171,000	Rp1,727
	Pembantu Tukang	0.3029	Orang Hari	Rp145,000	Rp43,921
	Jumlah				
	Bahan:				
	Pasir Urug	1.2	m ³	Rp177,000	Rp212,400
	Jumlah				Rp212,400
8	Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)				
	Upah				
	Mandor	0.0007	Orang Hari	Rp171,000	Rp120
	Tukang	0.0071	Orang Hari	Rp156,000	Rp1,108
	Pembantu Tukang	0.0071	Orang Hari	Rp145,000	Rp1,030
	Jumlah				Rp2,257
	Bahan:				
	Besi Beton Polos	1.05	Zak	Rp13,500	Rp14,175
	Kawat Beton	0.015	m ³	Rp26,900	Rp404
	Jumlah				Rp14,579
9	Pekerjaan Bekisting Sloof				
	Upah				
	Mandor	0.0262	Orang Hari	Rp171,000	Rp4,480
	Tukang	0.2623	Orang Hari	Rp156,000	Rp40,919
	Pembantu Tukang	0.525	Orang Hari	Rp145,000	Rp76,125
	Jumlah				Rp121,524
	Bahan:				
	Paku Usuk	0.3	Kg	Rp14,800	Rp4,440
	Kayu Meranti Bekisting	0.045	m ³	Rp3,350,400	Rp150,768
	Minyak Bekisting	0.1	Liter	Rp30,100	Rp3,010
	Jumlah				Rp158,218
	Nilai HSPK				Rp279,742

7.4.1 Sumur Pengumpul

Dimensi

Panjang = 4 m

Lebar = 2 m

H dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 5,325 m

(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar = 25 cm

Lebar Sepatu lantai = 25 cm

Tebal lantai kerja = 5 cm

Tebal pasir = 10 cm

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$= P \times L \times h$

$= (\text{panjang SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar SP} + \text{sepatu lantai})$
 $\times (\text{tebal tutup} + \text{Kedalaman dari muka tanah} + \text{freeboard} +$
 $\text{tebal plat dasar} + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir})$

$= (400+25+25) \times (200 + 25 +25) \times (532,5+30+25+25+10)$

$= 70,03 \text{ m}^3$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$= P \times L \times \text{tebal pasir}$

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal pasir)

$$= (400+25+25) \times (200+25+25) \times 10 = 1,125 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

beton lantai bangunan

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar) – ruang pompa

$$\begin{aligned} &= (400+25+25) \times (200+25+25) \times (5 + 25) - (200 \times 130 \times 80) \\ &= 1,295 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Beton dinding bangunan

= [(panjang x 2) + (lebar x 2)] x tebal dinding x tinggi

$$= [(400 \times 2) + (200 \times 2)] \times 25 \times 300$$

$$= 9 \text{ m}^3$$

Total volume beton bangunan

= beton lantai + beton dinding

$$= 1,295 + 9$$

$$= 10,295 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos) Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu 9 m³. Besi yang digunakan direncanakan

memiliki berat 110 kg/ m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi}$$

$$= 9 \times 110$$

$$= 990 \text{ Kg}$$

Pekerjaan Bekisting Sloof

$$= [(\text{panjang}) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{kedalaman}$$

$$= [(400) + (200 \times 2)] \times 300$$

$$= 24 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pompa

Pompa yang digunakan sebanyak 2 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju. Pekerjaan pipa Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 25 meter untuk 2 buah saluran. Panjang pipa per batang yaitu 4 meter, maka dibutuhkan sebanyak 7 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 11 cm. Perhitungan RAB sumur pengumpul dapat dilihat pada Tabel 7.13

Tabel 7. 13 RAB Sumur Pengumpul

No	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
Sumur Pengumpul					
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	70.03	m ³	Rp 114,103.20	Rp 7,990,647.10
2	Pengurugan pasir dengan pemadatan	1.125	m ³	Rp 270,287.60	Rp 304,073.55
3	Pekerjaan Beton K-225	10.295	m ³	Rp 1,105,642.75	Rp 11,382,592.11
4	Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)	990	kg	Rp 16,835.30	Rp 16,666,947.00
5	Pekerjaan bekisting sloof	24	m ³	Rp 279,742.00	Rp 6,713,808.00
6	Pemasangan Pipa 4"	25	m	Rp 66,785.30	Rp 1,669,632.50
7	Pengadaan pompa	2	buah	Rp 2,000,000.00	Rp 4,000,000.00
Jumlah					Rp 48,727,700.26

7.4.2 Barscreen

Perencanaan barscreen dengan total rencana anggaran biaya yang dapat dilihat pada Tabel 7.14.

Tabel 7. 14 RAB Barscreen

No	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
Barscreen					
1	Unit barscreen	1	set	Rp 15,000,000.00	Rp 15,000,000.00
Jumlah					Rp 15,000,000.00

7.4.3 Anaerobic Filter

Dimensi

Panjang = 46,25 m

Lebar = 12,75 m

H = 3 m

Tebal plat dasar = 25 cm

Lebar Sepatu lantai = 25 cm

Tebal lantai kerja = 5 cm

Tebal pasir = 10 cm

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

$$= (\text{panjang AF} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar AF} + \text{sepatu lantai}) \\ \times (\text{tebal tutup} + \text{Kedalaman} + \text{freeboard} + \text{tebal plat dasar} \\ + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir})$$

$$= (4625 + 25 + 25) \times (1275 + 25 + 25) \times (25 + 30 + 25 + 25 + 10)$$

$$= 712,35 \text{ m}^3$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir})$$

$$= (4625 + 25 + 25) \times (1275 + 25 + 25) \times 10$$

$$= 61,94 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

beton lantai bangunan

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal plat dasar})$$

$$= (4625+25+25) \times (1275+25+25) \times (5 + 25)$$

$$= 185,83 \text{ m}^3$$

Beton dinding bangunan

$$= [(panjang \times 2) + (lebar \times 2)] \times (tebal \text{ dinding} \times 2) \times (tinggi+fb)$$

$$= [(4625 \times 2) + (1275 \times 2)] \times (25 \times 2) \times (300+30)$$

$$= 194,7 \text{ m}^3$$

Total volume beton bangunan

$$= \text{beton lantai} + \text{beton dinding}$$

$$= 185,83 + 194,7$$

$$= 380,53 \text{ m}^3$$

Pembetonan penutup bangunan

$$= P \times L \times \text{tebal penutup}$$

$$= 4625 \times 1275 \times 25$$

$$= 147,42 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Bekisting Sloof

$$= [(panjang \times 2) + (lebar \times 2)] \times \text{kedalaman}$$

$$= [(4625 \times 2) + (1275 \times 2)] \times 300$$

$$= 354 \text{ m}^3$$

Rencana anggaran biaya bangunan anaerobic filter dan media filter dapat dilihat pada Tabel 7.15

Tabel 7. 15 RAB *Anaerobic Filter*

No	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
<i>Anaerobic Filter</i>					
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	712.35	m ³	Rp 114,103.20	Rp 81,281,414.52
2	Pengurugan pasir dengan pemadatan	61.94	m ³	Rp 270,287.60	Rp 16,741,613.94
3	Pekerjaan Beton K-225	527.95	m ³	Rp 1,105,642.75	Rp 583,724,089.86
4	Pekerjaan bekisting sloof	354	m ²	Rp 279,742.00	Rp 99,028,668.00
5	Pemasangan Pipa 4"	2	m	Rp 66,785.30	Rp 133,570.60
6	Media Filter	108.5	m ³	Rp 2,222,222.22	Rp 241,111,111.11
Jumlah					Rp 1,022,020,468.04

7.4.4 Constructed Wetland

Dimensi

Panjang = 100,5 m

Lebar = 20,45 m

H = 5,75 m

Tebal plat dasar = 25 cm

Lebar Sepatu lantai = 25 cm

Tebal lantai kerja = 5 cm

Tebal pasir = 10 cm

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

= (panjang CW + sepatu lantai) x (lebar CW + sepatu lantai) x (tebal tutup + Kedalaman + freeboard + tebal plat dasar + tebal lantai kerja + tebal pasir)

$$= (10.050 + 25 + 25) \times (2045 + 25 + 25) \times (25 + 575 + 30 + 25 + 25 + 10)$$

$$= 14.600 \text{ m}^3$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal pasir)

$$= (10.050 + 25 + 25) \times (2045 + 25 + 25) \times 10$$

$$= 211,6 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

beton lantai bangunan

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar)

$$= (10.050 + 25 + 25) \times (2045 + 25 + 25) \times (5 + 25)$$

$$= 634,785 \text{ m}^3$$

Beton dinding bangunan

$$\begin{aligned} &= [(\text{panjang}) + (\text{lebar} \times 2)] \times (\text{tebal dinding} \times 2) \times (\text{tinggi} + \text{fb}) \\ &= [(10.050) + (2045 \times 2)] \times (25 \times 2) \times (300 + 30) \\ &= 233.31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Total volume beton bangunan

$$\begin{aligned} &= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} \\ &= 634,785 + 233,31 \\ &= 868 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan Bekisting Sloof

$$\begin{aligned} &= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{kedalaman} \\ &= [(10.050 \times 2) + (2045 \times 2)] \times 300 \\ &= 725.7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan tanaman

Tanaman *Cattail sp.* ditanam dengan kerapatan 1 m² terdapat 5 tanaman *Cattail sp.* (Steves, 2006). Perhitungan kebutuhan tanaman sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tanaman} &= \text{Kerapatan} \times \text{Luas} \\ &= 5 \text{ tanaman/m}^2 \times 2020 \text{ m}^2 \\ &= 10,100 \text{ tanaman} \end{aligned}$$

Kebutuhan media *gravel sand*

$$\text{Ketinggian } \textit{gravel sand} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Volume } \textit{gravel sand} = \text{Luas} \times \text{Hac}$$

$$= 2020 \text{ m}^2 \times 0,6 \text{ m}$$

$$= 1212 \text{ m}^3$$

Rencana anggaran biaya *Constructed Wetland* dapat dilihat pada Tabel 7.16.

Tabel 7. 16 RAB *Constructed Wetland*

No	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
<i>Constructed Wetland</i>					
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	14600	m ³	Rp 114,103.20	Rp 1,665,906,720.00
2	Pengurugan pasir dengan pemadatan	211.6	m ³	Rp 270,287.60	Rp 57,192,856.16
3	Pekerjaan Beton K-225	868	m ³	Rp 1,105,642.75	Rp 959,697,907.00
4	Pekerjaan bekisting sloof	725.7	m ²	Rp 279,742.00	Rp 203,008,769.40
5	Pemasangan Pipa 4"	2	m	Rp 66,785.30	Rp 133,570.60
6	Media Gravel Sand	1212	m ³	Rp 135,000.00	Rp 163,620,000.00
7	Tanaman Cattail sp.	10100	pohon	Rp 40,000.00	Rp 404,000,000.00
8	Perforated Baffle (Volume beton)	4.3	m ³	Rp 4,800,000.00	Rp 20,640,000.00
Jumlah					Rp 3,474,199,823.16

Rencana anggaran biaya untuk kebutuhan unit IPAL disesuaikan dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surabaya 2018 dan dapat dilihat pada Tabel 7.17.

Tabel 7. 17 RAB Unit IPAL Total

No	Uraian	Harga
1	Sumur Pengumpul	Rp48,727,700.26
2	Barscreen	Rp15,000,000.00
3	<i>Anaerobic Filter</i>	Rp1,022,020,468.04
4	<i>Constructed Wetland</i>	Rp3,474,199,823.16
Jumlah		Rp4,559,947,991.45

7.5. Total RAB SPAL dan IPAL

Perhitungan total anggaran meliputi sistem penyaluran air limbah dan bangunan pengolahan air limbah dan dapat dilihat jumlah RAB pada Tabel 7.18.

Tabel 7. 18 Total RAB SPAL dan IPAL

No	Uraian	Harga
1	SPAL	Rp7,628,411,647
2	Bangunan Pelengkap	Rp7,719,022,936
3	IPAL	Rp4,559,947,991
Jumlah		Rp19,907,382,574

Biaya yang dikeluarkan untuk perencanaan SPAL dan IPAL di Kelurahan Tambakwedi sebesar Rp 19.907.382.574,00. Biaya total perencanaan digunakan sebagai biaya investasi awal pada pembangunan SPAL dan IPAL.

7.6. Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pengoperasian dan perawatan IPAL. Biaya operasional didapatkan dari hasil pembayaran biaya retribusi oleh masyarakat. Rincian pengeluaran biaya operasional dapat dilihat pada Tabel 7.19.

Tabel 7. 19 Biaya Operasional SPAL dan IPAL

No	Uraian	Biaya	Total biaya / bulan
1	Penggelontoran / hari	Rp300,000	Rp9,000,000
2	Pemeriksaan sampel / bulan	Rp1,000,000	Rp1,000,000
3	Operasional pompa / hari	Rp100,000	Rp3,000,000
4	Penyiraman tanaman wetland	Rp50,000	Rp1,500,000
5	Gaji Operator (2)	Rp3,000,000	Rp6,000,000
6	Biaya pengurasan lumpur/3 tahun	Rp4,000,000	Rp4,000,000
7	Biaya pemeliharaan kantor / hari	Rp50,000	Rp150,000
8	Biaya listrik pompa	Rp1,000,000	Rp1,000,000
9	Pemeliharaan unit IPAL / hari	Rp150,000	Rp4,500,000
Jumlah			Rp30,150,000
Retribusi per KK			Rp4,171

Perhitungan biaya operasional dengan jumlah penduduk yang terlayani akan menghasilkan nilai biaya retribusi yang akan dibayarkan oleh masyarakat. Biaya retribusi setiap sambungan rumah sebesar Rp 4.171 yang dibayarkan setiap bulan.

BAB 8

ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI

Analisis kelayakan ekonomi dilaksanakan untuk mendapatkan gambaran proyeksi laporan ekonomi kedepan guna menentukan nilai ekonomi suatu kegiatan. Pengkajian kelayakan ekonomi meliputi penyusunan laporan keuangan dengan menganalisis proyek laporan ekonomi terhadap kriteria kelayakan ekonomi. Analisis ekonomi yang digunakan adalah kelayakan dari *Benefit Cost Ratio* (BCR) pembangunan SPAL dan IPAL di Kelurahan Tambakwedi. Metode BCR merupakan metode untuk membandingkan manfaat (benefit) dan dana yang dibutuhkan (cost). Skema pendanaan yang digunakan pada perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Tambakwedi adalah investasi dari pemerintah saerah tanpa pengembalian dana investasi yang dikeluarkan. Manfaat yang dianalisis pada perencanaan ini meliputi biaya retribusi, kenaikan kinerja (produktivitas), subsidi obat, dan perbaikan lingkungan.

8.1 Biaya Retribusi

Biaya retribusi adalah biaya yang dikeluarkan masyarakat tiap sambungan rumah untuk menunjang operasi dan perawatan SPAL dan IPAL. Berdasarkan hasil survei masyarakat Kelurahan Tambakwedi, besar biaya retribusi yang disetujui masyarakat adalah Rp 5.000 – Rp 10.000 setiap bulan. Jumlah sambungan rumah yang dilayani SPALDT sebanyak 1.807 SR. Biaya retribusi ditentukan sebesar Rp 4.500 selama dua tahun pertama. Biaya retribusi yang dibayarkan meningkat setiap dua tahun sekali, mengacu pada tingkat inflasi uang per tahun sebesar 6%. Kenaikan biaya retribusi per dua tahun sebesar Rp 500. Pemasukan di tahun terakhir perencanaan ditentukan dengan biaya retribusi Rp 9.500 dengan total pelayanan penduduk sebesar 7.228 jiwa.

Pemasukan = Biaya retribusi(bulan) x Jumlah SR x 1 tahun

$$= \text{Rp } 9.500 \times 1.807 \text{ SR} \times 12 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp } 205.998.000 \text{ /tahun}$$

8.2 Produktivitas

Perencanaan IPAL Kelurahan Tambakwedi menaikkan kinerja masyarakat karena kualitas lingkungan yang terjaga. Kualitas lingkungan yang baik akan meminimalisir jumlah masyarakat yang sakit sehingga menimbulkan kegiatan jam kerja. Kenaikan kinerja yang didapatkan sebesar Rp 100.000 /orang.tahun . Nilai manfaat yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Manfaat} &= \text{Jumlah jiwa} \times \text{biaya kenaikan kinerja} \\ &= 7.228 \text{ orang} \times \text{Rp } 100.000 \text{ /orang.tahun} \\ &= 722.800.000 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

8.3 Biaya Kesehatan

Kesehatan masyarakat di Kelurahan Tambakwedi akan mengalami peningkatan dengan adanya pelayanan SPAL dan IPAL. Air limbah domestik dan air limbah bekas cuci ikan tidak lagi dibuang menuju saluran drainase, sehingga mengurangi potensi bibit penyakit. Pengeluaran masyarakat apabila berobat rata-rata mengeluarkan biaya kesehatan Rp 50.000 per tahun untuk mengobati penyakit yang timbul akibat sarana sanitasi yang tidak sehat, maka dengan pengoperasian SPAL dapat membantu masyarakat berhemat biaya kesehatan setiap tahunnya. Jumlah masyarakat mayangan yang mendapat pelayanan SPAL adalah 7.228 jiwa. Nilai manfaat berupa peningkatan kesehatan masyarakat Kelurahan Tambakwedi yang timbul setiap tahunnya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Manfaat} &= \text{Biaya kesehatan masyarakat} \times \text{Jumlah penduduk} \\ &= \text{Rp } 50.000 \text{ /orang.tahun} \times 7.228 \text{ jiwa} \\ &= \text{Rp } 361.400.000 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

8.4 Subsidi Obat

Perencanaan IPAL Kelurahan Tambakwedi menurunkan jumlah subsidi obat karena intensitas penyakit yang dialami masyarakat menurun. Biaya subsidi obat berdasarkan hasil rekapitulasi wawancara sebesar Rp 70.918 /orang.tahun . Nilai manfaat yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Manfaat} &= \text{Jumlah jiwa} \times \text{biaya subsidi obat} \\ &= 7.228 \text{ orang} \times \text{Rp } 70.918 \text{ /orang.tahun} \\ &= \text{Rp } 512.595.304 \text{ /tahun}\end{aligned}$$

8.5 Perbaikan Lingkungan

Perbaikan lingkungan yang ditimbulkan tidak adanya IPAL di Kelurahan Tambakwedi menghabiskan biaya Rp 10.000/m². Luas lahan terdampak yaitu 619.902 m².

$$\begin{aligned}\text{Manfaat} &= \text{Luas} \times \text{biaya perbaikan lingkungan} \\ &= 619.902 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 10.000/\text{m}^2 \\ &= \text{Rp } 6.199.020.000 \text{ / tahun}\end{aligned}$$

Hasil manfaat dan biaya yang dikeluarkan dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Rasio } \frac{B}{C} &= \frac{\text{Total manfaat}}{\text{Total biaya}} \\ &= \frac{\text{Rp } 88.952.775.649}{\text{Rp } 1.114.439.779} \\ &= 79,88\end{aligned}$$

Perhitungan menunjukkan bahwa nilai *Benefit Cost Ratio* perencanaan SPAL dan IPAL di Kelurahan Tambakwedi sebesar 79,88. Nilai B/C Ratio >1 menunjukkan bahwa proyek layak untuk dilaksanakan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 9

KESIMPULAN DAN SARAN

9.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan ini adalah:

1. Daerah Perencanaan terlayani di Kelurahan Tambakwedi dengan jumlah penduduk 7.228 jiwa dengan jumlah sambungan rumah sebesar 1.807 SR. Debit yang diolah merupakan air limbah domestik dan air limbah cuci ikan dengan total debit 605,53 m³/hari. Sistem pengaliran air secara gravitasi dan membutuhkan 1 stasiun pompa sebelum menuju unit IPAL. Diameter pipa SPAL yang dibutuhkan yaitu 110 mm, 210 mm, 310 mm, dan 410 mm dan penanaman terakhir pipa SPAL sebesar 0,77 m dari muka tanah.
2. Unit IPAL terpilih meliputi greasetrap rumah tangga, sumur pengumpul, anaerobic filter, dan constructed wetland. Dimensi greasetrap rumah tangga tipikal 1 yaitu diameter 33 cm dan kedalaman 61 cm. Dimensi greasetrap rumah tangga tipikal 2 yaitu diameter 56 cm dan kedalaman 71 cm. Dimensi sumur pengumpul yaitu 4,5 m x 2,5 m x 7,825 m. Dimensi anaerobic filter yaitu 46,25 m x 12,75 m x 3,8 m. Dimensi constructed wetland yaitu 100,5 m x 20,45 m x 4,25 m. Kualitas efluen dari IPAL yaitu BOD 26,6 mg/L, COD 17,9 mg/L, TSS 4,3 mg/L, NH₃ 3,5 mg/L, dan minyak lemak 9,2 mg/L.
3. Perencanaan SPAL dan IPAL di kelurahan Tambakwedi memiliki nilai BCR sebesar 79,8 sehingga layak untuk dibangun karena nilai manfaat lebih besar dibandingkan biaya yang harus dikeluarkan.

9.2 Saran

Saran dari perencanaan ini adalah:

1. Perlu adanya pengkajian lebih lanjut terkait teknologi yang lebih hemat biaya dan efisien untuk mengolah kombinasi air limbah domestik dan air limbah cuci ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulgani, H., Izzati, M., dan Sudarno. 2014. Kemampuan Tumbuhan *Typha Angustifolia* Dalam Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Kerupuk (Studi Kasus Limbah Cair Sentra Industri Kerupuk Desa Kenanga Kecamatan Sindang Kabupaten Indramayu Jawa Barat). *BIOMA*, 16 (1) : hal 90-101
- Agustina, A., Suprihatin, I.E., dan Sibarani, J. 2016. Pengaruh Biofilm terhadap Efektivitas Penurunan BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak dari Limbah Pengolahan Ikan menggunakan Tricking Filter. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 4(2) : hal 137-145
- Agustira, R., Lubis, K.S., dan Jamilah. 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air, dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(3).
- Ambarini, N. S. B. 2016. Perlindungan dan Pengembangan Usaha Mikro Kecil Bidang Perikanan sebagai Upaya Pengendalian Pencemaran Wilayah Pesisir dan Laut. *Jurnal Hukum Lingkungan*, 3(1): hal 31-50.
- Balslev-Olesen, P., A Lynggaard, C Nikelsen. 1990. Pilot-Scale Experiments on Anaerobic Treatment of Wastewater from a Fish Processing Plant. *Wat. Sci. Tech.* 22: hal 463-474.
- Bhatti, Z.A., Maqbool, F., Malik, A, H., dan Mehmood, Q. 2014. *UASB Reactor Startup for The Treatment of Municipal Wastewater Followed by Advaced Oxidation Process. Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 31 (3), hal : 715-726.
- BORDA. 2008. *Praxis-oriented Training Manual Desentralized Wastewater Treatment System*. Center for Urban Water Resources.
- Chapin, J., 2006. *Municipal Wastewater Pump Station Design Problems and Solutions*. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2158-2164

- Doran, M.D. 2008. Phase of A Typical Water/Wastewater Project. Michael Doran Techknowledge, LLC.
- Ducoste, J. J., Keener, K. M., Groninger, J. W., Holt, L. M. 2008. Assessment of Grease Interceptor Performance. London: IWA Publishing.
- Eckenfelder, W. W., Patoczka, J. B., Pulliam, G. W. 1988. Anaerobic vs Aerobic Treatment in The U.S.A. Nashville: WARE Incorporated.
- Grady, C. P. L.Jr.; dan H. Lim. 1980. Biological Wastewater Treatment. Theory and Applications. New York : Marcel Dekker Inc.
- Götzenberger, J. 2009. Praxis-oriented Training Manual Decentralized Wastewater Treatment Systems (DEWATS). New Delhi: BORDA.
- Harahap, S. 2013. Pencemaran Perairan Akibat Kadar Amoniak yang Tinggi dari Limbah Cair Industri Tempe. Jurnal Akuatika, 4 (2) : hal 183-194
- Hatijah, Ishak, H., dan Seweng, A. 2010. Efektifitas Saringan Biofilter Anaerob Dan Aerob Dalam Menurunkan Kadar BOD₅, COD Dan Nitrogen Total Limbah Cair Industri Karet. Jurnal MKMI, 6(4) : hal 215-221
- Hayati, M. 1998. Mempelajari Proses Produksi Udang beku dan Pengolahan Limbah di PT. Kalimantan Fishery. Laporan Praktek Lapangan. Jurusan TIN Fateta IPB, Bogor.
- Henze, M; Grady, CPL; Jr-Gujer, W; Marais, GVR dan Matsuo, T. 1987. A General Model For Simple Sludge Waste Water Treatment Systems. Wat. Res, 21(5): hal 505-515.
- Hidayah dan Aditya. 2009. Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Constructed Wetland. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 2(2):hal 11-18
- Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R., dan Judd, S. 2004. Non kakus Characterisation and Its Impact on the Selection and Operation of Technologies for Urban Reuse. Water Science and Technology.

- Kaviyarasan, K. 2014. Application of UASB Reactor in Industrial Wastewater Treatment-A Review. International Journal of Scientific & Engineering Research, 5 (1) : hal 584-589
- Kusumadewi, R.Y dan Bagastyo, A.Y. 2016. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Kegiatan Peternakan Sapi Perah dan Industri Tahu. Jurnal Teknik ITS, 5(2) : hal D98-D102
- Liehr, S.K, et al., 2000. Constructed Wetlands Treatment of High Nitrogen Landfill Leachate. Water Environment Research Foundation. Alexandria. Virginia
- Loosdrecht, VMCM dan MSM Jetten. 1998. Microbiological Conversion in Nitrogen Removal. Wat. Sci. Tech. 38 (1):hal 1-7.
- Marinela, P. 2015. Nutrients Removal from Wastewater using Modified Zeolite. януари/февруари, 1(22): pp 99-104
- Metcalf dan Eddy. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse 3rd Perencanaan Teknik Terinci. Singapore: Mc Graw Hill Inc.
- Metcalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Metcalf dan Eddy. 2014. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition. New York: McGraw- Hill Book Company.
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. Non kakus Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Houshehold or Neighbourhoods. Dübendorf: Swiss Federal Institut of Aquatic Science. Department of Water and Sanitation in Developing Countries.
- Nurhayati dan Kosmaliati, L. 2011. Perencanaan Fasilitas Penyaring Sampah Unit Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum PT. Tirta Cisadane Serpong. Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S, 7 (1): hal 24-37.

- Oktavia, D., Djumali, M., Singgih, W., Titi, C., Mulyorini, R. 2012. Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba Indigenous Proteolitik dan Lipolitik. *Jurnal Agrotek*. Vol VI (2), 65-71.
- Oktavia, Lily. 2013. Peningkatan Kualitas Efluen Limbah Cair Pencucian Ikan menggunakan Modifikasi Bio-rack Wetland. Surabaya : *Jurnal Teknik Lingkungan ITS*.
- Otis, R. J. dan Mara, D. D. 1985. *The Design of Small Bore Sewer Systems*. Washington: United Nations Development Programme.
- Park E, R Enander, SM Barnet, C Lee. 2001. Pollution Prevention and Biochemical Oxygen Demand Reduction in a Squid Processing Facility. *Jour of Cleaner Production* 9: hal 341-349.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 04 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air limbah Domestik.
- Poppo,A., Mahendra,M.S., Sundra,I.K.2017. Studi Kualitas Perairan Pantai di Kawasan Industri Perikanan, Desa Pengambangan, Kecamatan Negara, Kabupaten Jembrana. *Ecotrophic*, 3(2):hal 98-103
- Rasyid A. 2008. Isolasi Asam Lemak Tak Jenuh Majemuk Omega-3 dari Ikan Lemuru (*Sardinella* sp). Di dalam: *Prosiding Seminar Riptek Kelautan Nasional; Pusat Penelitian Oseanografi LIPI*; 3 September 2008. Jakarta.
- Razif,M dan Mahatyanta,A. 2016. Alternative Design of Wastewater Treatment Plant with Anaerobic Baffled Reactor and Anaerobic Filter for Romokalisari Flats Surabaya. *International Journal of ChemTech Research*, 9(11) : hal 195-200
- River, L; E. Aspe; M. Roeckel dan M. C. Marti. 1998. Evaluation of Clean Technology Process in the marine product processing industry. *J. Chem. Technol. Biotechnol*,73: hal 217-226.
- Sasse, L. 1998. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen: BORDA.

- Singleton, P. 1995. *Bacteria in Biology, Biotechnology and Medicine* 3rd ed. John Wiley and Sons. Chichester
- Siregar, A.S. 2005. *Instalasi pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Soeprijanto, Ismail, T., Lastuti, M.D., Niken, B. 2010. Pengolahan Vinasse Dari Air Limbah Industri Alkohol Menjadi Biogas Menggunakan Bioreaktor UASB. *Jurnal Purifikasi*, 11(1) : hal 11-20
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : UI Press
- Supriyanto, W dan Iswandiri, R. 2017. Kecenderungan Civitas Akademika dalam Memilih Sumber Referensi untuk Penyusunan Karya Tulis Ilmiah di Perguruan Tinggi. *Berkala Ilmu Perpustakaan dan Informasi*, 13 (1), hal : 79-86
- Systems, B., Walski, T. M., Barnard, T. E., Harold, E., Merritt, L. B., Walker, N., Whitman, B. E. 2007. *Wastewater Collection System Modeling and Design*. Exton: Bentley Institute Press.
- Tay Joo-Hwa, Show Kuan-Yeow and Hung Yung-Tse. 2006. *Seafood Processing Wastewater Treatment*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Vymazal, J. 2010. Constructed Wetland for Wastewater Treatment. *Water*, 2 : pp 530-549
- Wardhana, W.A. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Talitha Jocelin Indiar merupakan nama lengkap penulis. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dan lahir di Kabupaten Banyuwangi pada tanggal 12 Desember 1997. Penulis bertempat tinggal di Jalan Simpang Gajah Mada ii/2 Kelurahan Penataban, Kecamatan Giri, Kabupaten Banyuwangi. Penulis pernah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Lateng, SMPN 2 Banyuwangi, SMAN 1 Giri, dan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Lingkungan. Penulis tercatat dengan NRP 03211540000072 pada tahun 2015.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan dan organisasi mahasiswa. Penulis tercatat sebagai anggota aktif HMTL ITS dan aktif sebagai Staff Riset dan Teknologi HMTL dan Staff Tim Kerohanian Al-Kaun periode 2016/2017. Penulis pernah mengemban amanah sebagai Kepala Divisi Aplikasi Teknologi Ristek HMTL periode 2017/2018. Penulis pernah mendapatkan pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa Gagasan Tertulis di tahun 2016. Penulis juga merupakan penerima Beasiswa Djarum Foundation di tahun 2017 dan telah menerima berbagai pelatihan. Pelatihan softskill yang pernah ditempuh diantaranya adalah *Character Building* tahun 2017, *Leadership Development* tahun 2018, dan *Nation Building* tahun 2018. Penulis telah melakukan kerja praktik di Star Energy Wayang Windu Geothermal Ltd. di Bandung selama satu bulan dengan topik pengelolaan limbah *drilling cutting*. Informasi lebih lanjut mengenai penulis dapat dihubungi melalui email jocelintalitha1@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BOQ GALIAN DAN URUGAN PIPA

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving m ²	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m ³	m ³	m ³	m ²	m ²
BLOK 1																		
1	B1 fA	49.70	0.11	0.81	0.95	1.07	1.21	0.14	49.71	37.76	2.49	29.82	40.25	0.47	13.99	26.26	25.78	1.06
2	B1d-B1a	140.00	0.11	0.81	1.45	1.07	1.71	0.64	140.01	106.36	31.77	84.00	138.13	1.33	39.42	98.71	97.38	2.98
3	B1b-B1a	14.73	0.11	0.81	1.39	1.07	1.65	0.58	14.77	11.22	3.01	8.84	14.23	0.14	4.15	10.08	9.94	0.31
4	A-B1a	278.52	0.11	0.95	2.12	1.21	2.38	1.17	278.52	239.45	115.58	167.11	355.03	2.65	78.43	276.60	273.95	5.93
5	B1a-B	40.80	0.11	2.12	2.28	2.38	2.54	0.16	40.87	69.06	2.36	24.48	71.43	0.39	11.49	59.94	59.55	0.87
6	B-C	42.31	0.11	2.28	1.94	2.54	2.20	-0.35	42.38	76.52	-5.18	25.38	71.34	0.40	11.91	59.43	59.03	0.90
7	C1-C	525.43	0.11	0.81	1.54	1.07	1.80	0.73	525.43	399.17	136.83	315.26	535.99	5.00	147.96	388.04	383.04	11.19
8	C2-C	136.19	0.11	0.81	1.57	1.07	1.83	0.76	136.20	103.47	36.75	81.71	140.21	1.29	38.35	101.86	100.57	2.90
9	C-D	39.85	0.11	1.94	2.48	2.20	2.74	0.54	39.91	62.28	7.69	23.91	69.97	0.38	11.22	58.75	58.37	0.85
10	D1b-D1a	22.18	0.11	0.81	0.89	1.07	1.15	0.08	22.20	16.87	0.63	13.31	17.50	0.21	6.24	11.26	11.04	0.47
11	D2c-D2a	35.81	0.11	0.81	0.22	1.07	0.48	-0.59	35.82	27.21	-7.54	21.48	19.67	0.34	10.08	9.59	9.25	0.76
12	D2g-D2e	45.67	0.11	0.81	0.88	1.07	1.14	0.07	45.68	34.71	1.14	27.40	35.84	0.43	12.86	22.98	22.55	0.97
13	D1-D1a	498.68	0.21	0.91	1.91	1.27	2.27	1.00	498.68	512.99	202.54	299.21	715.53	17.28	188.73	526.81	509.53	12.12
14	D1a-D	37.82	0.21	1.91	2.40	2.27	2.76	0.48	37.89	69.75	7.41	22.69	77.15	1.31	14.31	62.84	61.53	0.92
15	D2-D2a	40.41	0.11	0.81	0.35	1.07	0.61	-0.46	40.42	30.71	-6.54	24.25	24.16	0.38	11.38	12.79	12.40	0.86
16	D2a-D2e	42.32	0.11	0.35	1.05	0.61	1.31	0.69	42.33	18.45	10.43	25.39	28.88	0.40	11.92	16.96	16.56	0.90
17	D2e-D	30.86	0.11	1.05	1.25	1.31	1.51	0.20	30.88	28.68	2.16	18.51	30.84	0.29	8.69	22.15	21.86	0.66
18	D-E	38.41	0.21	2.25	2.78	2.61	3.14	0.53	38.50	81.38	8.23	23.05	89.61	1.33	14.54	75.07	73.74	0.93
19	E1b-E1a	13.20	0.11	0.81	1.07	1.07	1.33	0.26	13.24	10.06	1.22	7.92	11.28	0.13	3.72	7.57	7.44	0.28
20	E1-E1a	388.16	0.11	0.81	2.98	1.07	3.24	2.17	388.16	294.89	299.21	232.90	594.10	3.69	109.30	484.80	481.11	8.27
21	E1a-E	32.87	0.11	2.98	3.04	3.24	3.30	0.06	33.03	76.01	0.67	19.72	76.68	0.31	9.26	67.42	67.11	0.70
22	E-F	32.62	0.21	2.78	2.94	3.14	3.30	0.17	32.77	83.31	2.20	19.57	85.51	1.13	12.35	73.16	72.03	0.79
23	F1-F	555.84	0.11	0.81	2.60	1.07	2.86	1.79	555.84	422.27	352.54	333.50	774.81	5.28	156.52	618.29	613.00	11.84
24	F3c-F3	99.50	0.11	0.81	0.91	1.07	1.17	0.10	99.50	75.59	3.51	59.70	79.10	0.95	28.02	51.09	50.14	2.12
25	F4-F3	56.84	0.11	0.81	1.09	1.07	1.35	0.28	56.85	43.19	5.73	34.10	48.92	0.54	16.01	32.92	32.38	1.21
26	F3b-F3a	62.98	0.11	0.81	1.19	1.07	1.45	0.38	62.99	47.85	8.59	37.79	56.44	0.60	17.73	38.70	38.10	1.34
27	F3-F3a	74.60	0.11	1.09	2.33	1.35	2.59	1.23	74.61	71.74	32.60	44.76	104.34	0.71	21.01	83.34	82.63	1.59
28	F3a-F2	59.24	0.11	2.33	2.54	2.59	2.80	0.22	59.29	108.83	4.60	35.54	113.43	0.56	16.68	96.75	96.19	1.26
29	F2e-F2a	51.81	0.11	0.81	1.11	1.07	1.37	0.30	51.82	39.37	5.49	31.09	44.86	0.49	14.59	30.27	29.78	1.10
30	F2c-F2a	69.30	0.11	0.81	1.17	1.07	1.43	0.36	69.31	52.65	8.86	41.58	61.51	0.66	19.51	42.00	41.34	1.48
31	F2i-F2f	67.65	0.11	0.81	2.16	1.07	2.42	1.35	67.66	51.40	32.35	40.59	83.75	0.64	19.05	64.70	64.05	1.44
32	F2-F2a	38.63	0.11	2.56	2.59	2.82	2.85	0.03	38.74	77.62	0.45	23.18	78.06	0.37	10.88	67.19	66.82	0.82
33	F2a-F2f	31.53	0.11	2.59	2.65	2.85	2.91	0.06	31.66	64.17	0.67	18.92	64.84	0.30	8.88	55.96	55.66	0.67
34	F2fF	49.05	0.11	2.65	2.72	2.91	2.98	0.06	49.14	101.70	1.12	29.43	102.82	0.47	13.81	89.00	88.54	1.04
35	F-G	132.23	0.21	2.94	3.96	3.30	4.32	1.02	132.27	354.08	54.63	79.34	408.71	4.58	50.04	358.67	354.08	3.21

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving m ²	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving m ²
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m ³	m ³	m ³	m ²	
BLOK 2																		
1	G1c-G1a	105.60	0.11	0.81	2.11	1.07	2.37	1.30	105.61	80.23	48.76	63.36	128.99	1.00	29.74	99.25	98.25	2.25
2	G1-G1a	322.41	0.11	0.81	2.89	1.07	3.15	2.08	322.41	244.94	238.12	193.45	483.06	3.07	90.79	392.27	389.21	6.87
3	G1a-G	273.01	0.11	2.89	3.49	3.15	3.75	0.60	273.03	610.72	58.48	163.81	669.20	2.60	76.88	592.33	589.73	5.82
4	G-H	44.10	0.21	3.96	4.03	4.32	4.39	0.06	44.32	155.25	1.11	26.46	156.36	1.53	16.69	139.67	138.14	1.07
5	H2g-H2e	169.70	0.11	0.81	1.26	1.07	1.52	0.45	169.71	128.93	26.93	101.82	155.86	1.61	47.79	108.07	106.46	3.61
6	H2d-H2c	57.75	0.11	0.81	1.93	1.07	2.19	1.12	57.76	43.88	22.93	34.65	66.81	0.55	16.26	50.55	50.00	1.23
7	H2b-H2a	59.40	0.11	0.81	1.99	1.07	2.25	1.18	59.41	45.13	24.88	35.64	70.01	0.56	16.73	53.28	52.72	1.27
8	H1-H2e	343.02	0.11	0.81	1.71	1.07	1.97	0.90	343.02	260.59	109.32	205.81	369.91	3.26	96.59	273.32	270.06	7.31
9	H2e-H2c	58.74	0.11	1.71	2.42	1.97	2.68	0.71	58.77	82.11	14.78	35.24	96.89	0.56	16.54	80.35	79.79	1.25
10	H2c-H2a	133.53	0.11	2.42	2.87	2.68	3.13	0.45	133.56	253.79	21.34	80.12	275.13	1.27	37.60	237.53	236.26	2.84
11	H2a-H	47.59	0.11	2.87	3.18	3.13	3.44	0.32	47.69	105.86	5.33	28.55	111.19	0.45	13.40	97.79	97.34	1.01
12	H-H2	25.08	0.21	4.03	3.56	4.39	3.92	-0.47	25.46	90.47	-4.77	15.05	85.70	0.87	9.49	76.21	75.34	0.61
13	H4-H3	71.52	0.11	0.81	0.49	1.07	0.75	-0.32	71.53	54.34	-8.04	42.91	46.30	0.68	20.14	26.16	25.48	1.52
14	H3b-H3a	42.64	0.11	0.81	0.76	1.07	1.02	-0.05	42.65	32.40	-0.79	25.58	31.61	0.41	12.01	19.61	19.20	0.91
15	H3-H3a	56.81	0.11	0.49	0.78	0.75	1.04	0.29	56.81	30.38	5.86	34.09	36.25	0.54	16.00	20.25	19.71	1.21
16	H3a-H2	38.48	0.11	0.78	1.19	1.04	1.45	0.41	38.49	28.53	5.60	23.09	34.13	0.37	10.84	23.29	22.93	0.82
17	H2-I	116.67	0.21	2.89	3.53	3.25	3.89	0.64	116.72	307.53	30.16	70.00	337.69	4.04	44.15	293.53	289.49	2.84
18	I-J	38.51	0.21	3.53	4.59	3.89	4.95	1.05	38.71	122.00	16.45	23.11	138.45	1.33	14.57	123.87	122.54	0.94
19	J1c-J1a	116.00	0.11	0.81	1.94	1.07	2.20	1.13	116.00	88.13	46.46	69.60	134.58	1.10	32.66	101.92	100.82	2.47
20	J1-J	650.66	0.11	0.81	4.26	1.07	4.52	3.45	650.66	494.31	796.96	390.40	1291.27	6.19	183.22	1108.05	1101.87	13.86
21	J-K	32.44	0.21	4.59	4.40	4.95	4.76	-0.19	32.81	131.46	-2.47	19.46	128.99	1.12	12.28	116.72	115.59	0.79
22	K1-K	471.45	0.11	0.81	3.78	1.07	4.04	2.97	471.46	358.16	496.55	282.87	854.72	4.48	132.76	721.96	717.48	10.04
23	K-K2	5.86	0.31	3.98	4.25	4.44	4.71	0.27	7.35	29.67	0.73	3.51	30.40	0.44	2.81	27.59	27.15	0.16
24	K3c-K3a	78.71	0.11	0.81	1.38	1.07	1.64	0.57	78.71	59.80	16.05	47.22	75.85	0.75	22.16	53.68	52.93	1.68
25	K3d-K3a	65.42	0.11	0.81	1.37	1.07	1.63	0.56	65.43	49.71	13.03	39.25	62.74	0.62	18.42	44.31	43.69	1.39
26	K3-K3a	101.23	0.11	0.81	2.14	1.07	2.40	1.33	101.23	76.91	47.91	60.74	124.82	0.96	28.50	96.31	95.35	2.16
27	K3a-K2	37.79	0.11	2.14	2.65	2.40	2.91	0.51	37.86	64.60	6.85	22.67	71.46	0.36	10.64	60.82	60.46	0.80
28	K2-L	34.16	0.31	4.00	4.03	4.46	4.49	0.03	34.45	139.81	0.53	20.49	140.34	2.58	16.38	123.96	121.38	0.93
29	L-M	11.55	0.31	4.03	4.65	4.49	5.11	0.61	12.39	50.69	3.22	6.93	53.91	0.87	5.54	48.37	47.49	0.32
30	M1b-M1a	16.50	0.11	0.81	1.13	1.07	1.39	0.32	16.53	12.56	1.88	9.90	14.44	0.16	4.65	9.79	9.64	0.35
31	M1-M1a	491.32	0.11	0.81	4.24	1.07	4.50	3.43	491.32	373.26	598.27	294.79	971.53	4.67	138.35	833.18	828.51	10.47
32	M1a-M	17.16	0.11	4.24	4.36	4.50	4.62	0.12	17.74	56.68	0.73	10.30	57.41	0.16	4.83	52.58	52.42	0.37
33	M-N	71.20	0.31	4.65	4.73	5.11	5.19	0.08	71.38	331.70	2.60	42.72	334.30	5.38	34.15	300.15	294.78	1.94

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving m ²	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving m ²
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m ³	m ³	m ³	m ²	
BLOK 3																		
1	N1b-N1a	27.06	0.11	0.81	1.15	1.07	1.41	0.34	27.08	20.57	3.28	16.24	23.86	0.26	7.62	16.24	15.98	0.58
2	N1d-N1c	26.40	0.11	0.81	1.13	1.07	1.39	0.32	26.42	20.07	2.97	15.84	23.04	0.25	7.43	15.60	15.35	0.56
3	N1-N1a	271.51	0.11	0.81	2.20	1.07	2.46	1.39	271.51	206.27	134.06	162.90	340.32	2.58	76.45	263.87	261.29	5.78
4	N1a-N1c	176.96	0.11	2.20	2.47	2.46	2.73	0.27	176.98	309.22	16.98	106.18	326.19	1.68	49.83	276.36	274.68	3.77
5	N1c-N	125.24	0.11	2.47	3.68	2.73	3.94	1.21	125.26	242.90	53.95	75.14	296.84	1.19	35.27	261.58	260.39	2.67
6	N-O	61.88	0.31	4.42	4.77	4.88	5.23	0.35	62.07	275.74	9.89	37.13	285.64	4.67	29.67	255.96	251.29	1.69
7	O1-O2	114.41	0.11	0.81	1.27	1.07	1.53	0.46	114.42	86.92	18.59	68.65	105.51	1.09	32.22	73.29	72.20	2.44
8	O2-O3	13.70	0.11	1.27	1.32	1.53	1.58	0.05	13.78	14.95	0.27	8.22	15.21	0.13	3.86	11.36	11.23	0.29
9	O3b-O3a	18.98	0.11	0.81	1.59	1.07	1.85	0.78	19.01	14.44	5.28	11.39	19.72	0.18	5.34	14.38	14.20	0.40
10	O3-O3a	355.74	0.11	1.32	3.64	1.58	3.90	2.32	355.74	399.69	293.26	213.44	692.94	3.38	100.17	592.77	589.38	7.58
11	O3a-O	64.35	0.11	3.64	4.29	3.90	4.55	0.64	64.47	178.72	14.70	38.61	193.42	0.61	18.12	175.30	174.69	1.37
12	O-P	28.05	0.31	4.77	3.59	5.23	4.05	-1.18	28.53	135.89	-15.12	16.83	120.78	2.12	13.45	107.32	105.21	0.77
13	P1-P	394.00	0.11	0.81	3.17	1.07	3.43	2.36	394.00	299.33	330.66	236.40	629.98	3.75	110.95	519.04	515.29	8.39
14	P-P2	20.46	0.31	3.59	5.07	4.05	5.53	1.48	20.86	76.85	13.76	12.28	90.61	1.54	9.81	80.80	79.25	0.56
15	P3c-P3a	55.01	0.11	0.81	1.64	1.07	1.90	0.83	55.02	41.80	16.30	33.01	58.10	0.52	15.49	42.61	42.09	1.17
16	P3g-P3d	87.95	0.11	0.81	1.99	1.07	2.25	1.18	87.95	66.82	36.85	52.77	103.67	0.84	24.76	78.90	78.07	1.87
17	P3-P3a	124.13	0.11	0.81	1.69	1.07	1.95	0.88	124.13	94.30	38.85	74.48	133.15	1.18	34.95	98.20	97.02	2.64
18	P3a-P3d	73.10	0.11	1.69	2.11	1.95	2.37	0.42	73.12	101.32	10.83	43.86	112.15	0.69	20.58	91.57	90.87	1.56
19	P3d-P2	24.92	0.11	2.11	2.22	2.37	2.48	0.11	25.03	42.10	0.95	14.95	43.04	0.24	7.02	36.03	35.79	0.53
20	P2-Q	54.45	0.31	5.07	4.87	5.53	5.33	-0.20	54.73	275.27	-4.98	32.67	270.29	4.11	26.11	244.18	240.07	1.49
21	Q1b-Q1a	33.30	0.11	0.81	1.16	1.07	1.42	0.35	33.31	25.31	4.11	19.98	29.42	0.32	9.38	20.04	19.72	0.71
22	Q1d-Q1a	110.22	0.11	0.81	0.99	1.07	1.25	0.18	110.23	83.74	7.15	66.13	90.89	1.05	31.04	59.85	58.80	2.35
23	Q1g-Q1f	36.30	0.11	0.81	1.27	1.07	1.53	0.46	36.32	27.59	5.87	21.78	33.46	0.35	10.22	23.24	22.89	0.77
24	Q1j-Q1h	65.36	0.11	0.81	1.75	1.07	2.01	0.94	65.37	49.66	21.88	39.21	71.54	0.62	18.40	53.14	52.51	1.39
25	Q1m-Q1k	36.71	0.11	0.81	1.50	1.07	1.76	0.69	36.73	27.90	9.00	22.03	36.90	0.35	10.34	26.56	26.21	0.78
26	Q1n-Q1k	31.91	0.11	0.81	1.17	1.07	1.43	0.36	31.93	24.26	4.08	19.15	28.34	0.30	8.99	19.35	19.05	0.68
27	Q1-Q1a	37.82	0.11	0.81	1.29	1.07	1.55	0.48	37.83	28.74	6.39	22.69	35.13	0.36	10.65	24.48	24.12	0.81
28	Q1a-Q1f	59.57	0.11	1.29	1.57	1.55	1.83	0.29	59.59	65.40	6.08	35.74	71.48	0.57	16.77	54.71	54.14	1.27
29	Q1f-Q1h	75.74	0.11	1.57	2.40	1.83	2.66	0.83	75.76	98.62	22.22	45.44	120.84	0.72	21.33	99.52	98.80	1.61
30	Q1h-Q1k	77.22	0.11	2.40	3.05	2.66	3.31	0.65	77.27	145.93	17.83	46.33	163.76	0.73	21.74	142.01	141.28	1.64
31	Q1k-Q	27.39	0.11	3.05	3.46	3.31	3.72	0.41	27.59	64.84	4.03	16.43	68.87	0.26	7.71	61.16	60.90	0.58
32	Q-R	50.82	0.31	4.87	5.13	5.33	5.59	0.26	51.10	247.67	6.13	30.49	253.79	3.84	24.37	229.42	225.58	1.39
33	R1e-R1c	90.30	0.11	0.81	0.89	1.07	1.15	0.08	90.31	68.61	2.47	54.18	71.07	0.86	25.43	45.65	44.79	1.92
34	R1b-R1a	80.73	0.11	0.81	0.87	1.07	1.13	0.06	80.74	61.34	1.83	48.44	63.17	0.77	22.73	40.44	39.67	1.72
35	R1-R1c	22.44	0.11	0.81	0.90	1.07	1.16	0.09	22.47	17.07	0.74	13.46	17.81	0.21	6.32	11.49	11.28	0.48
36	R1c-R1a	147.84	0.11	0.90	1.06	1.16	1.32	0.15	147.84	122.09	8.11	88.70	130.20	1.41	41.63	88.57	87.17	3.15
37	R1a-R	116.82	0.11	1.06	1.08	1.32	1.34	0.03	116.83	109.30	1.09	70.09	110.39	1.11	32.90	77.49	76.38	2.49
38	R-S	246.76	0.41	1.51	1.05	2.07	1.61	-0.46	246.77	515.91	-56.89	148.05	459.03	32.59	144.36	314.67	282.08	7.48
39	S-IPAL	5.26	0.41	1.05	0.77	1.61	1.33	-0.28	5.51	8.97	-0.75	3.16	8.22	0.70	3.08	5.14	4.44	0.16

BENEFIT COST RATIO

Tahun	Penduduk Terlayani	SR	Tarif	Retribusi	Produktivitas	Biaya Kesehatan	Subsidi Obat	Perbaikan Lingkungan	Total Benefit	DF	Benefit
2019	3509	877	Rp 4,500	Rp47,371,500	Rp 350,900,000	Rp 175,450,000	Rp 248,851,262	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,021,592,762	1.06	Rp6,627,895,754
2020	3632	908	Rp 4,500	Rp49,032,000	Rp 363,200,000	Rp 181,600,000	Rp 257,574,176	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,050,426,176	1.12	Rp6,281,963,842
2021	3759	940	Rp 5,000	Rp56,385,000	Rp 375,900,000	Rp 187,950,000	Rp 266,580,762	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,085,835,762	1.19	Rp5,959,518,552
2022	3891	973	Rp 5,000	Rp58,365,000	Rp 389,100,000	Rp 194,550,000	Rp 275,941,938	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,116,976,938	1.26	Rp5,650,094,142
2023	4027	1007	Rp 5,500	Rp66,445,500	Rp 402,700,000	Rp 201,350,000	Rp 285,586,786	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,155,102,286	1.33	Rp5,361,866,585
2024	4168	1042	Rp 5,500	Rp68,772,000	Rp 416,800,000	Rp 208,400,000	Rp 295,586,224	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,188,578,224	1.41	Rp5,084,909,073
2025	4314	1079	Rp 6,000	Rp77,652,000	Rp 431,400,000	Rp 215,700,000	Rp 305,940,252	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,229,712,252	1.50	Rp4,827,266,017
2026	4465	1116	Rp 6,000	Rp80,370,000	Rp 446,500,000	Rp 223,250,000	Rp 316,648,870	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,265,788,870	1.59	Rp4,579,341,429
2027	4621	1155	Rp 6,500	Rp90,109,500	Rp 462,100,000	Rp 231,050,000	Rp 327,712,078	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,309,991,578	1.68	Rp4,348,877,346
2028	4783	1196	Rp 6,500	Rp93,268,500	Rp 478,300,000	Rp 239,150,000	Rp 339,200,794	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,348,939,294	1.78	Rp4,126,909,772
2029	4951	1238	Rp 7,000	Rp103,971,000	Rp 495,100,000	Rp 247,550,000	Rp 351,115,018	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,396,756,018	1.89	Rp3,920,862,742
2030	5124	1281	Rp 7,000	Rp107,604,000	Rp 512,400,000	Rp 256,200,000	Rp 363,383,832	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,438,607,832	2.00	Rp3,721,962,900
2031	5303	1326	Rp 7,500	Rp119,317,500	Rp 530,300,000	Rp 265,150,000	Rp 376,078,154	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,489,865,654	2.12	Rp3,537,483,607
2032	5489	1372	Rp 7,500	Rp123,502,500	Rp 548,900,000	Rp 274,450,000	Rp 389,268,902	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,535,141,402	2.24	Rp3,359,323,640
2033	5681	1420	Rp 8,000	Rp136,344,000	Rp 568,100,000	Rp 284,050,000	Rp 402,885,158	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,590,399,158	2.38	Rp3,194,221,921
2034	5880	1470	Rp 8,000	Rp141,120,000	Rp 588,000,000	Rp 294,000,000	Rp 416,997,840	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,639,137,840	2.52	Rp3,034,483,979
2035	6086	1522	Rp 8,500	Rp155,193,000	Rp 608,600,000	Rp 304,300,000	Rp 431,606,948	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,698,719,948	2.67	Rp2,886,682,741
2036	6299	1575	Rp 8,500	Rp160,624,500	Rp 629,900,000	Rp 314,950,000	Rp 446,712,482	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,751,206,982	2.83	Rp2,743,404,832
2037	6520	1630	Rp 9,000	Rp176,040,000	Rp 652,000,000	Rp 326,000,000	Rp 462,385,360	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,815,445,360	2.99	Rp2,611,044,826
2038	6748	1687	Rp 9,000	Rp182,196,000	Rp 674,800,000	Rp 337,400,000	Rp 478,554,664	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,871,970,664	3.17	Rp2,482,470,492
2039	6984	1746	Rp 9,500	Rp199,044,000	Rp 698,400,000	Rp 349,200,000	Rp 495,291,312	Rp 6,199,020,000.00	Rp7,940,955,312	3.36	Rp2,363,814,604
2040	7228	1807	Rp 9,500	Rp205,998,000	Rp 722,800,000	Rp 361,400,000	Rp 512,595,304	Rp 6,199,020,000.00	Rp8,001,813,304	3.56	Rp2,248,376,851
Jumlah											Rp88,952,775,649

Tahun	SR	Biaya Operasional	Total Cost	DF	Cost
2019	877	Rp4,171	Rp43,911,047	1.06	Rp41,448,978
2020	908	Rp4,171	Rp45,450,249	1.12	Rp40,496,392
2021	940	Rp4,671	Rp52,678,006	1.19	Rp44,304,661
2022	973	Rp4,671	Rp54,527,832	1.26	Rp43,289,080
2023	1007	Rp5,171	Rp62,474,214	1.33	Rp46,816,717
2024	1042	Rp5,171	Rp64,661,665	1.41	Rp45,739,043
2025	1079	Rp5,671	Rp73,397,685	1.50	Rp49,007,503
2026	1116	Rp5,671	Rp75,966,774	1.59	Rp47,878,875
2027	1155	Rp6,171	Rp85,552,432	1.68	Rp50,897,054
2028	1196	Rp6,171	Rp88,551,673	1.78	Rp49,727,553
2029	1238	Rp6,671	Rp99,088,498	1.89	Rp52,524,701
2030	1281	Rp6,671	Rp102,550,891	2.00	Rp51,312,103
2031	1326	Rp7,171	Rp114,087,867	2.12	Rp53,884,005
2032	1372	Rp7,171	Rp118,089,441	2.24	Rp52,646,743
2033	1420	Rp7,671	Rp130,741,597	2.38	Rp55,019,198
2034	1470	Rp7,671	Rp135,321,350	2.52	Rp53,753,510
2035	1522	Rp8,171	Rp149,191,200	2.67	Rp55,940,165
2036	1575	Rp8,171	Rp154,412,647	2.83	Rp54,651,670
2037	1630	Rp8,671	Rp169,610,205	2.99	Rp56,664,698
2038	1687	Rp8,671	Rp175,541,359	3.17	Rp55,357,961
2039	1746	Rp9,171	Rp192,156,624	3.36	Rp57,199,999
2040	1807	Rp9,171	Rp198,870,000	3.56	Rp55,879,172
Jumlah					Rp1,114,439,779



LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Thalia
Dikirim Tanggal : 10 Oktober 2018
Sampel Dari : Air Limbah Domestik (Limbah Makanan + Kamar Mandi)
No. Laboratorium : 100-1012/10/A/KL/2018

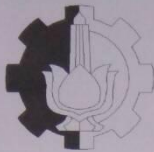
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik*)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 – 9	6,30	pHmeter
2	TSS	mg/L	50	1.052,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	50	2.094,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	30	1.110,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	10	98,00	Gravimetri
6	Total N	mg/L NH ₃ -N	(-)	100,00	Kjeldahl
7	Total P	mg/L PO ₄ -P	(-)	14,22	Spektropotometri



Surabaya, 19 Oktober 2018
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

Prof. Dr. H. Nieke Karnaningroem, MSc
NIP. 195501281985032001

Catatan :
*) SK. Gub. Jatim No. 72 Tahun 2013
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air
yang diterima laboratorium kami
(-) Tidak Disyaratkan



LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Thalia
Dikirim Tanggal : 08 Oktober 2018
Sampel Dari : Air Limbah Ikan
No. Laboratorium : 100-1011/10/A/KL/2018

Parameter	Satuan	Baku Mutu *)	Hasil Analisa	Metoda Analisa
pH	-	6 - 9	7,95	pHmeter
TSS	m/L	30	2.220,00	Gravimetri
COD	mg/L O ₂	150	10.004,00	Reflux/Tetrimetri
BOD	mg/L O ₂	100	5.100,00	Winkler
Khlor Bebas	mg/L Cl ₂	1	0,00	Iodimetri
Sulfida	mg/L H ₂ S	1	48,08	Iodimetri
NH ₃ -N (Total)	mg/L NH ₃ -N	5	1.275,02	Kjeldahl
Minyak & Lemak	mg/L	15	1.830,00	Gravimetri
Total Pospat	mg/L PO ₄ -P	(-)	137,80	Spektrofotometri

Surabaya, 08 Oktober 2018
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS
Kepala,

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc
NIP. 195501281985032001

*) Keputusan Gubernur Jawa Timur
No. 72 Tahun 2013, untuk Industri Pengolahan
Ikan
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang
diterima laboratorium kami
(-) Tidak disyaratkan

LEMBAR KUESIONER DOMESTIK

Identitas Responden

1. Nama :
2. Nama Kepala Keluarga :
3. Jumlah Anggota Keluarga :
4. Umur :
5. Jenis Kelamin : L / P
6. Apa pekerjaan utama Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Pegawai Negeri Sipil (PNS)
 - b. Pegawai Swasta
 - c. Wiraswasta
 - d. Serabutan
 - e. Lainnya.....
7. Apa pendidikan terakhir Bapak/Ibu/Saudara/i:
 - a. S1
 - b. D3
 - c. SLTA
 - d. SLTP
 - e. Sekolah DasarLainnya :
8. Berapa penghasilan Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Kurang dari 1.000.000/bulan
 - b. 1.000.000 – 2.000.000/bulan
 - c. 2.000.000 – 3.000.000/bulan
 - d. 3.000.000 – 4.000.000/bulan
 - e. 4.000.000 – 5.000.000/bulan
 - f. Lebih dari 5.000.000/bulan
9. Apa status kepemilikan rumah Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Sewa bulanan
 - b. Sewa tahunan
 - c. Milik sendiri - keluarga
 - d. Lainnya.....

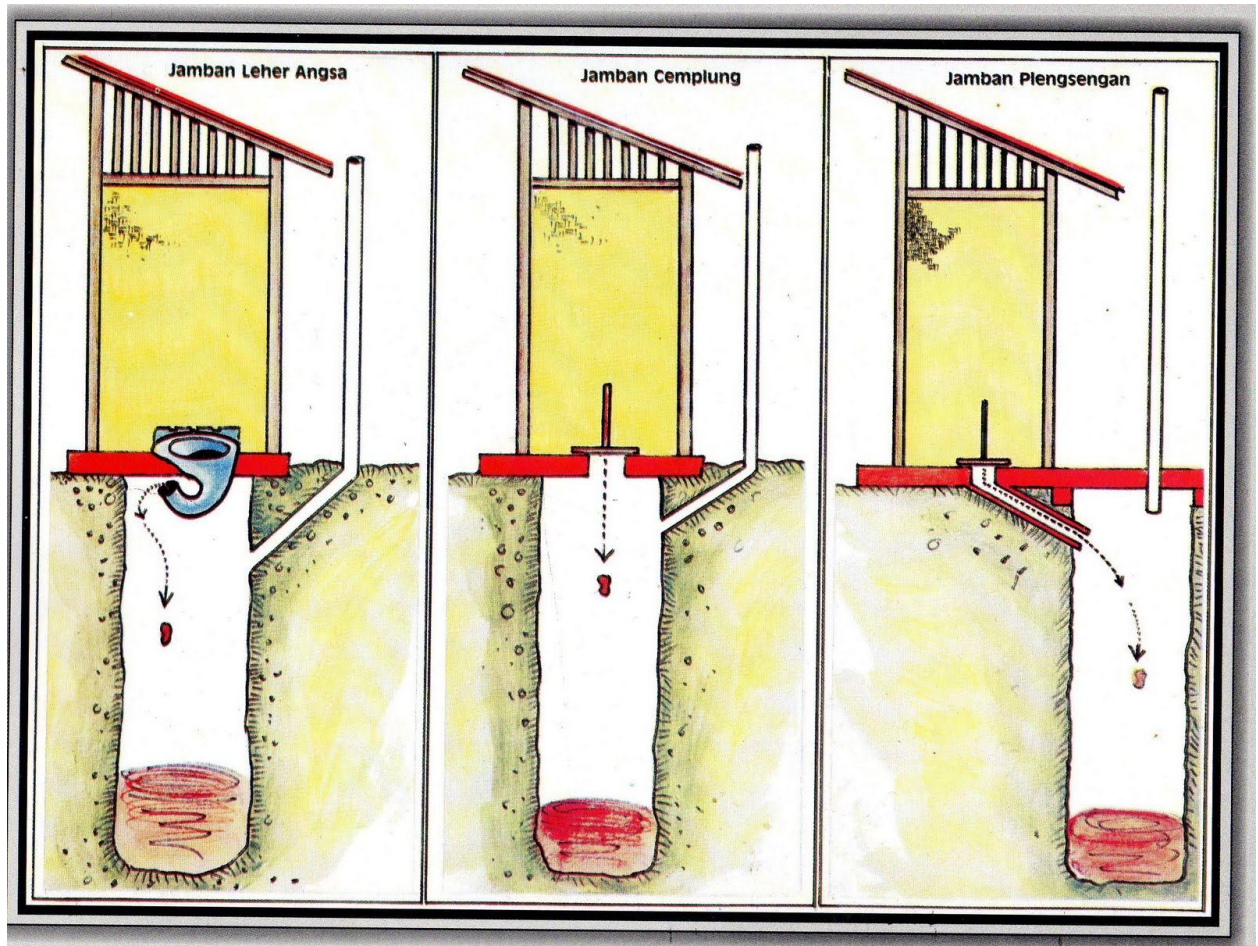
Ketersediaan Sanitasi

1. Darimanakah sumber air bersih Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. PDAM
 - b. Air tanah/sumur
 - c. Air sungai
 - d. Lainnya.....
2. Berapa kebutuhan air bersih yang Bapak/Ibu/Saudara/i setiap bulan?
 - a. $<10 \text{ m}^3$
 - b. $10 \text{ m}^3\text{-}15 \text{ m}^3$
 - c. $15 \text{ m}^3\text{-}25 \text{ m}^3$
 - d. $>10 \text{ m}^3$

3. Apakah di rumah Bapak/Ibu/Saudara/i terdapat jamban?

- a. Ada
- b. Tidak ada (WC umum dll)

4. Apakah jenis jamban pribadi yang Bapak/Ibu/Saudara/i gunakan?

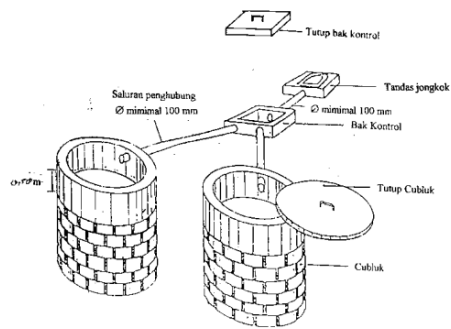


- a. Leher angsa



b.

- b. Cubluk



c. Plengsengan

d. Lainnya.....

5. Apakah di rumah Bapak/Ibu/Saudara/i terdapat septic tank?

Septictank = tempat untuk menampung kotoran manusia dan air limbah, dilindungi bata atau beton



- a. Ada
- b. Tidak ada

6. Kapan waktu pengurasan tangki septik Bapak/Ibu/Saudara/i lakukan?

- a. 1 - 3 tahun sekali
- b. 3 - 5 tahun sekali
- c. 5 – 10 tahun sekali
- d. Tidak pernah

7. Berapa biaya yang dikeluarkan Bapak/Ibu/Saudara/i untuk sedot tinja/ 3 tahun?

- a. <400.000
- b. 400.000-500.000
- c. 500.000-600.000
- d. 600.000-1.000.000

8. Apa yang Bapak/Ibu/Saudara/i lakukan dalam menangani air bekas mandi/cuci/dapur ?

- a. Tidak ada, dibiarkan tergenang
- b. Ada, diresapkan ke tanah
- c. Ada, dialirkan ke selokan terbuka

9. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i pernah mengikuti kegiatan sosialisasi tentang mengolah air limbah ?

- a. Lebih dari 3 kali
- b. 2-3 kali
- c. 1 kali
- d. Tidak pernah

Kesehatan Masyarakat

1. Apakah penyakit yang sering Bapak/Ibu/Saudara/i atau keluarga alami?

- a. Diare
- b. Demam berdarah
- c. Tipus
- d. Gatal-gatal/Penyakit kulit
- e. Lainnya

2. Berapa kali Bapak/Ibu/Saudara/i atau keluarga mengalami Diare dalam setahun?

- a. 1 kali
- b. 2 kali
- c. 3 kali
- d. 4-6 kali
- e. >6 kali

3. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i atau keluarga menggunakan BPJS untuk berobat?

- a. Ya
- b. Tidak

4. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i atau keluarga sering membeli obat bebas diluar BPJS?

- a. Ya
- b. Tidak

3. Berapa rata-rata biaya pembelian obat dan/dokter yang Bapak/Ibu/Saudara/I keluarkan dalam sekali sakit ?

- a. <50.000
- b. 50.000-100.000
- c. 100.000-200.000
- d. 200.000-300.000
- e. >300.000

4. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i pernah mengikuti penyuluhan terkait kesehatan lingkungan?

- a. Pernah (lanjut nomor 5)
- b. Tidak pernah

5. Seberapa sering Bapak/Ibu/Saudara/i mengikuti penyuluhan terkait kesehatan lingkungan?

- a. 1 kali
- b. 2 – 3 kali
- c. Lebih dari 3 kali

Sikap Masyarakat

No	Pertanyaan	Jawaban	Keterangan
----	------------	---------	------------

1	Apakah anda setuju bila di Kelurahan Tambakwedi dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk pengganti septictank	SS S N TS STS		
2	Apakah anda setuju apabila air limbah dari rumah anda diolah secara komunal/bersama-sama	SS S N TS STS		
3	Apakah anda bersedia datang ke acara sosialisasi tentang pengolahan air limbah di lingkungan anda?	SS S N TS STS		
4	Apakah anda bersedia berpartisipasi dalam kegiatan pemeliharaan sarana dan prasarana pengelolaan air limbah di lingkungan anda?	SS S N TS STS		
5	Apakah anda bersedia membayar iuran sebulan sekali untuk biaya pengolahan air limbah/air bekas?	SS S N TS STS		
6	Berapa kemampuan anda untuk membayar iuran pengolahan air bekas ?			a.< 5 ribu/bulan b. 5 ribu-10 ribu/bulan c. 10 ribu-15 ribu/bulan d. >15 ribu/bulan

LEMBAR KUESIONER UKM

Identitas Responden

1. Nama :
2. Jabatan :
3. Umur :
4. Jenis Kelamin : L / P
5. Apa pekerjaan utama Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Pegawai Negeri Sipil (PNS)
 - b. Pegawai Swasta
 - c. Wiraswasta
 - d. Serabutan
 - e. Lainnya.....
6. Apa pendidikan terakhir Bapak/Ibu/Saudara/i:
 - a. S1
 - b. D3
 - c. SLTA
 - d. SLTP
 - e. Sekolah DasarLainnya :
7. Berapa penghasilan Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Kurang dari 1.000.000/bulan
 - b. 1.000.000 – 2.000.000/bulan
 - c. 2.000.000 – 3.000.000/bulan
 - d. 3.000.000 – 4.000.000/bulan
 - e. 4.000.000 – 5.000.000/bulan
 - f. Lebih dari 5.000.000/bulan
- g. Apa status kepemilikan UKM?
 - a. Perorangan
 - b. Bersama
 - c. Lainnya.....
- d. Berapa jumlah pekerja dalam UKM?
 - a. 1-5
 - b. 5-15
 - c. 15-20
 - d. >20

Kondisi Air Buangan

1. Berapa jumlah produksi ikan yang dijual setiap harinya?
 - a. <10 kg
 - b. 10-15 kg
 - c. 15-30 kg
 - d. 30-50 kg
 - e. 50-60 kg
 - f. >60 kg
2. Apa saja jenis ikan yang diproduksi di dalam UKM?
 - a. Pengolahan ikan segar
 - b. Pengasapan ikan pari

- c. Pembuatan kerupuk
 - d. Lainnya.....
3. Darimana sumber air bersih yang digunakan untuk proses pengolahan ikan?
 - e. PDAM (lanjut no 3)
 - f. Pembelian air pet (lanjut no 4)
 - g. Air tanah/sumur
 - h. Air sungai
 - i. Lainnya.....
 4. Berapa jumlah air bersih PDAM dalam sehari yang dibutuhkan untuk proses pengolahan ikan (pencucian, perendaman, dan pencucian alat)?
 - a. <500 liter
 - b. 500-800 liter
 - c. 800-1000 liter
 - d. 1000-1500 liter
 - e. 1500-2500 liter
 5. Berapa jumlah air bersih pet dalam sehari yang dibutuhkan untuk proses pengolahan ikan (pencucian, perendaman, dan pencucian alat)? (1 pet=20 liter)
 - a. <20 pet
 - b. 20-40 pet
 - c. 40-70 pet
 - d. 70-100 pet
 - e. >100 pet
 6. Jenis limbah apa saja yang dihasilkan?
 - a. Kepala ikan, tulang, sisik
 - b. Air limbah
 - c. Emisi
 - d. Campuran bahan kimia
 - e. Lainnya.....
 7. Proses apa saja yang menghasilkan air limbah?
 - a. Pencucian ikan
 - b. Perendaman ikan
 - c. Perebusan
 - d. Pencucian alat produksi
 - e. Lainnya.....
 8. Apa yang Bapak/Ibu/Saudara/i lakukan dalam menangani air limbah pengolahan ikan ?
 - a. Dibiarkan tergenang
 - b. Diresapkan ke tanah
 - c. Dialirkan ke selokan terbuka
 - d. Ditampung dan diolah
 9. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i bersedia membayar biaya retribusi apabila air limbah diolah secara bersama-sama dengan IPAL komunal?
 - a. Ya
 - b. Tidak

10. Berapa kemampuan UKM untuk membayar retribusi pengolahan air limbah setiap bulannya?
- a. <10 ribu/bulan
 - b. 10-20 ribu/bulan
 - c. 20-30 ribu/bulan
 - d. 30-50 ribu/bulan

DOKUMENTASI



Gambar 1. Wawancara



Gambar 2. Wawancara



Gambar 3. Pengambilan sampel air limbah domestic



Gambar 4. Proses Pencucian Ikan



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FTSLK-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5548886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Gasal 2018-2019

Kode/SKS: RE141581 (06/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal: Kamis, 10 Januari 2019

Nilai TOEFL 117

Pukul: 09.50 - 11.30

Lokasi: TL 102

Judul: PERSIAPAN SPAL DAN BANGUNAN PEMERINTAHAN DAN LINGKUNGAN KAWASAN
LINTAS AIR SAKEL (KAW. SAN. DAN DOMESTIK DI KEC. KAW. TANJUNGPONOR, KEC. KAW. KENDALAN, KOTA SURABAYA)

Nama: TALITHA TOCELIN BERNARDI

Tanda Tangan

NRP: 03211540000092

Topik: Perencanaan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<p>Pertanda ketidaksihan penulisan spt catatan yg banyak di TA</p> <p>Gambar → nama pembimbing harus lengkap dan benar</p> <p>Gambar? gambar harus jelas dan terbaca</p>
	<p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p>24/01/2019</p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretaris Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Ir. Agus Slamet / M.Sc.



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948866, Fax: 031-5928367

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Ganjil 2018/2019

Kode/SKS : RE141581 (06/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis 29-Nov-18

Nilai TOEFL 417

Pukul : 15.00-16.00

Lokasi : Ruang Sidang

Judul : PERENCANAAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL UNTUK AIR PENCUCIAN IKAN UKM DAN GREYWATER DOMESTIK DI KELURAHAN TAMBAKWED, KECAMATAN KENJERAN KOTA SURABAYA

Nama : Talitha Jocelin Indari

Tanda Tangan

NRP. : 03211540000072

Topik : Perencanaan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1.	Analisis COD? ✓
2.	debit air limbah $\approx 0,7 \times$ debit bersih (p. 1.1.1) ✓
3.	DED SPALD dibuat dimulai dari pipa di depan Rumah ✓
4.	D.E.D IPAL & tempur nahan ✓
	$\rightarrow \frac{20}{12} 2018$

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretaris Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistansi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Ir. Agus Slamet, M.Sc



BORANG CEK FORMAT LAPORAN TA

No	Kelengkapan TA	Cek Mahasiswa	Cek Pembimbing
1	Halaman judul	✓	✓
2	Abstrak dalam bahasa Indonesia	✓	✓
3	Abstrak dalam bahasa Inggris	✓	✓
4	Kata pengantar	✓	✓
	Format sesuai dengan pedoman penulisan TA 2016	✓	✓
5	Daftar isi	✓	✓
6	Daftar gambar	✓	✓
7	Daftar tabel	✓	✓
8	Daftar lampiran	✓	✓
9	Bab I	✓	✓
10	Bab II	✓	✓
11	Bab III	✓	✓
12	Bab IV	✓	✓
13	Bab V	✓	✓
14	Daftar pustaka	✓	✓
15	Biodata	✓	✓
16	Lampiran (jika ada)	✓	✓

Mahasiswa

TALITHA JOCELIN INDIARI

Menyetujui

Mengetahui

Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc

Welly Herumurti, S. T., M. Sc.



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Kampus ITS Sukelilo, Surabaya 60111
Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM FTA-04

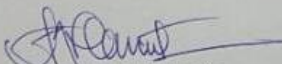
FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

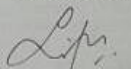
Nama Mahasiswa : TALITHA JOCELIN INDIARI
NRP : 03211540000072
Judul : Air Umbah /Perencanaan/ PERENCANAAN SPAL DAN BANGUNAN
PENGOLAHAN AIR UMBAH KOMUNAL UNTUK AIR CUCI IKAN UKM
DAN DOMESTIK DI KELURAHAN TAMBAKWEDI, KECAMATAN
KENJERAN, KOTA SURABAYA

No	Saran Perbaikan (sesuai Form KTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	Analisa COD	COD menggunakan perbandingan 0,7 dengan BOD
2	Debit air limbah= $0,7 \cdot Q$ air bersih	Perbandingan yang digunakan 0,8 karena pertimbangan bertambahnya debit blackwater
3	DED SPAL dibuat mulai dari depan rumah	Desain pipa tersier dijawab setelah seminar progress
4	DED IPAL sempurnakan	Bangunan sumur pengumpul dan bak ekualisasi dijadikan satu unit, greasetrap IPAL digantikan dengan greasetrap rumah tangga

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa Ybs, 27 Desember 2018


Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc


03211540000072



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Kampus ITS Sekeloa, Surabaya 60111
Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : TALITHA JOCELIN INDIARI
NRP : 03211540000072
Judul : Air Limbah /Perencanaan/PERENCANAAN SPAL DAN BANGUNAN
PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL UNTUK AIR CUCI IKAN UKM
DAN DOMESTIK DI KELURAHAN TAMBAKWEDI, KECAMATAN
KENJERAN, KOTA SURABAYA

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	22-10-2018	Analisa data hasil survei	
2	23-10-2018	<ul style="list-style-type: none">• Perbaikan pelayanan SPAL dan membuat jaringan SPAL di depan rumah (Cretander)• Ada hasil data survei masyarakat• Wilayah yang sudah dilayani sistem SPAL	
3	6-11-2018	Cek SPAL dengan V-minimum berbasis kriteria desain	
4	14-11-2018	Beritukan slope SPAL dan koneksi ke saluran BOD, dan ke data ALDO, dari TA terdahulu	
5	16-11-2018	<ul style="list-style-type: none">• SPAL OK• Ekstensi → wetland dengan media filter	
6	22-11-2018	Wetland dan Polishing Pond	
7	28-12-2018	<ul style="list-style-type: none">• Greasetrap• Matriks perbandingan	
8	28-12-2018	<ul style="list-style-type: none">• Cek nilai faktor peak• Greasetrap 2 typical	

Surabaya, 27 Desember 2018
Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc.